



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Tecnologías de la Información y la Comunicación

**PROTOTIPO DEL MÓDULO DE CAPTURA Y ANÁLISIS DE DATOS PARA LA
CARACTERIZACIÓN DE UN BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ Y LA EVALUACIÓN DE SU
CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA AMBIENTAL Y SOCIAL**

Ing. Felipe Estuardo Noack

Asesorado por el M.A. Ing. Michael Antony Colíndres Hernández

Guatemala, julio de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROTOTIPO DEL MÓDULO DE CAPTURA Y ANÁLISIS DE DATOS PARA LA
CARACTERIZACIÓN DE UN BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ Y LA EVALUACIÓN DE SU
CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA AMBIENTAL Y SOCIAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ING. FELIPE ESTUARDO NOACK

ASESORADO POR EL M.A. ING. MICHAEL ANTONY COLÍNDRES
HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA
COMUNICACIÓN**

GUATEMALA, JULIO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|---------------------------------------|
| DECANA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| VOCAL I | Ing. José Francisco Gómez Rivera |
| VOCAL II | Ing. Mario Renato Escobedo Martínez |
| VOCAL III | Ing. José Milton de León Bran |
| VOCAL IV | Br. Christian Moisés de la Cruz Leal |
| VOCAL V | Br. Kevin Armando Cruz Lorente |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|--|
| DECANA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| DIRECTOR | Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí |
| EXAMINADOR | Mtro. Ing. Marlon Antonio Pérez Türk |
| EXAMINADOR | Mtro. Ing. Héctor Alberto Mendía Arriola |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROTOTIPO DEL MÓDULO DE CAPTURA Y ANÁLISIS DE DATOS PARA LA
CARACTERIZACIÓN DE UN BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ Y LA EVALUACIÓN DE SU
CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA AMBIENTAL Y SOCIAL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, en fecha 29 de noviembre de 2018.

Ing. Felipe Estuardo Noack



DTG. 310.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **PROTOTIPO DEL MÓDULO DE CAPTURA Y ANÁLISIS DE DATOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE UN BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ Y LA EVALUACIÓN DE SU CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA AMBIENTAL Y SOCIAL**, presentado por el Ingeniero Felipe Estuardo Noack, estudiante del programa de **Maestría en Tecnologías de la Información y la Comunicación**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, julio de 2021

AACE/cc



Guatemala, Julio 2021

EEPMI-0815-2021

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y verificar la aprobación del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística al Trabajo de Graduación titulado: **"PROTOTIPO DEL MÓDULO DE CAPTURA Y ANÁLISIS DE DATOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE UN BENEFICIOS HÚMEDO DE CAFÉ Y LA EVALUACIÓN DE SU CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA AMBIENTAL Y SOCIAL"** presentado por el Ingeniero **Felipe Estuardo Noack** identifica con carné **0033044** correspondiente al programa de **Maestría en Tecnologías de la Información y la Comunicación** apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director





Guatemala, Julio 2021

EEPI-0816-2021

Como Coordinador del programa de Maestría en Tecnologías de la Información y la Comunicación doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“PROTOTIPO DEL MÓDULO DE CAPTURA Y ANÁLISIS DE DATOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE UN BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ Y LA EVALUACIÓN DE SU CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA AMBIENTAL Y SOCIAL”** presentado por el Ingeniero **Felipe Estuardo Noack** quien se identifica con el número de carné **00033044**.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtro. Ing. Marlon Antonio Pérez Türk
Coordinador de Maestría
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Guatemala, Julio 2021

EEPI-0817-2021

En mi calidad como Asesor del Ingeniero **Felipe Estuardo Noack** quien se identifica con número de carné **0033044** procedo a dar el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **"PROTOTIPO DEL MÓDULO DE CAPTURA Y ANÁLISIS DE DATOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE UN BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ Y LA EVALUACIÓN DE SU CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA AMBIENTAL Y SOCIAL"** quien se encuentra en el programa de **Maestría en Tecnologías de la Información y la Comunicación** en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

"Id y Enseñada Todos"

M.A. Michael Antony Colindres Hernández

Asesor

Michael Antony Colindres Hernández
Ingeniero en Ciencias y Sistemas
Colegiado No. 12653

INDICE GENERAL

| | |
|--|--------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | V |
| TABLAS..... | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS..... | VII |
| GLOSARIO..... | IX |
| RESUMEN..... | XXV |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS..... | XXIX |
| OBJETIVOS..... | XXXIII |
| MARCO METODOLÓGICO..... | XXXV |
| INTRODUCCIÓN..... | XLI |
| | |
| 1. ANTECEDENTES..... | 1 |
| | |
| 2. JUSTIFICACIÓN..... | 5 |
| | |
| 3. ALCANCES..... | 7 |
| | |
| 4. MARCO TEÓRICO..... | 9 |
| 4.1. Marco institucional..... | 9 |
| 4.1.1. La industria del café en Guatemala..... | 9 |
| 4.1.2. Asociación Nacional del Café, (ANACAFE)..... | 11 |
| 4.1.3. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala..... | 11 |
| 4.2. Marco jurídico..... | 13 |
| 4.2.1. Normativa nacional..... | 13 |
| 4.2.2. Normativa internacional..... | 14 |

| | | |
|---------|---|----|
| 4.3. | Marco ambiental: los sistemas de evaluación ambiental..... | 14 |
| 4.3.1. | El EIA..... | 15 |
| 4.3.2. | Las certificaciones de calidad..... | 16 |
| 4.4. | Marco operativo: las herramientas tecnológicas para la presentación de un EIA..... | 17 |
| 4.4.1. | Sistemas de información geográfica, SIG..... | 18 |
| 4.4.2. | Aplicaciones para proceso de texto y cifras..... | 18 |
| 4.4.3. | Diseño asistido por computadora, CAD..... | 18 |
| 4.4.4. | Información geográfica en línea..... | 19 |
| 4.5. | Marco tecnológico: tecnologías de la información y la comunicación, TIC..... | 19 |
| 4.5.1. | Internet..... | 19 |
| 4.5.2. | World Wide Web..... | 20 |
| 4.5.3. | HTML..... | 20 |
| 4.5.4. | CSS..... | 21 |
| 4.5.5. | TypeScript / JavaScript..... | 21 |
| 4.5.6. | Visual Studio Code..... | 21 |
| 4.5.7. | Angular..... | 22 |
| 4.5.8. | PHP..... | 22 |
| 4.5.9. | Apache..... | 23 |
| 4.5.10. | MySQL..... | 24 |
| 4.5.11. | R..... | 24 |
| 4.5.12. | Herramientas para análisis..... | 24 |
| 4.5.13. | Las aplicaciones móviles..... | 25 |
| 4.5.14. | GSM..... | 26 |
| 4.5.15. | <i>Cloud Computing</i> o los servicios en la nube..... | 26 |
| 4.6. | Marco administrativo: la gestión de la información..... | 27 |
| 4.6.1. | La gestión del conocimiento..... | 27 |
| 4.6.2. | El análisis de los datos..... | 28 |

| | | |
|----------|---|----|
| 4.6.3. | Los indicadores clave de desempeño | 29 |
| 4.6.4. | La estrategia de gestión de datos | 29 |
| 4.6.5. | La experiencia del usuario | 31 |
| 5. | PRESENTACIÓN DE RESULTADOS..... | 32 |
| 5.1. | Arquitectura del prototipo de la aplicación Ambiente y Café | 32 |
| 5.1.1. | Flujograma de la funcionalidad del prototipo de la aplicación web SPA Ambiente y Café | 33 |
| 5.1.2. | Esquema funcional del prototipo de la aplicación web SPA Ambiente y Café..... | 36 |
| 5.1.2.1. | Módulo 1: la aplicación en el <i>Front End</i> | 37 |
| 5.1.2.2. | Módulo 2: la aplicación en el <i>Back End</i> | 37 |
| 5.1.2.3. | Módulo 3: la descarga de datos desde base de datos para su análisis | 38 |
| 5.1.3. | Componentes utilizados en el desarrollo del prototipo de la aplicación Ambiente y Café | 38 |
| 5.1.3.1. | El IDE | 38 |
| 5.1.3.2. | El <i>framework</i> en el <i>Front End</i> | 39 |
| 5.1.3.3. | Lenguaje de programación en el <i>Back End</i> | 39 |
| 5.1.3.4. | El servidor Web | 39 |
| 5.1.3.5. | La base de datos (DB) y el sistema de gestión de bases de datos (RDBMS) | 39 |
| 5.1.3.6. | Los API..... | 40 |
| 5.2 | Presentación de resultados de la operación del prototipo de la aplicación ambiente y café | 40 |
| 5.2.1. | Operatividad del prototipo de la aplicación Ambiente y Café..... | 40 |
| 5.2.1.1. | Extracción y procesamiento de datos..... | 41 |
| 5.2.1.2. | Presentación de indicadores..... | 42 |

| | | |
|----------|--|----|
| 5.2.1.3. | Los tiempos para la disponibilidad de datos e indicadores de desempeño (monitoreo de la actividad) | 48 |
| 5.2.2. | La generación de alertas en función de los puntos débiles de la operación..... | 51 |
| 5.2.3. | Entrega de resultados consolidados de la operación de un beneficio húmedo de café en tiempo real | 53 |
| 5.2.4. | La inducción al caficultor al uso de herramientas de TI.. | 54 |
| 6. | DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 56 |
| | CONCLUSIONES..... | 58 |
| | RECOMENDACIONES | 60 |
| | REFERENCIAS..... | 62 |
| | APÉNDICES..... | 66 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Diagrama de flujo de la aplicación Ambiente y Café..... 35
2. Esquema de la arquitectura la aplicación Ambiente y Café 36
3. Diferencias en la disponibilidad de información de monitoreo 49
4. Pantallas de toma de datos y de devolución de resultados 51

TABLAS

- I. Funciones para identificación de etiquetas de calidad..... 42
- II. Criterios para la caracterización por eficiencia en el uso del agua 44

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|----------------------|---|
| °C | Grados centígrados (Celsius) |
| h/h | Horas hombre (medida de trabajo) |
| = | Igual a |
| kg | Kilogramo |
| kWh | Kilowatt hora (medida de energía) |
| lb | Libra |
| l | Litro |
| Mz | Manzana (10,000 varas cuadradas) |
| > | Mayor a |
| Mbps | Megabits por segundo (velocidad de carga o descarga) |
| Mb | Megabytes (capacidad de almacenamiento o procesamiento) |
| < | Menor a |
| m | Metro |
| m² | Metro cuadrado |
| m³ | Metro cúbico |

| | |
|------------|-------------------------------------|
| qq | Quintal (100 lb) |
| TM | Tonelada métrica (1,000 kg) |
| vr2 | Vara cuadrada = 0.69 m ² |

GLOSARIO

| | |
|---------------------------|---|
| Adaptación | Es un proceso en el que un ser vivo resiste a los cambios en su entorno y modifica sus prácticas e incluso su fisonomía con el objeto de sobrevivir. |
| Aguas del afluente | Son las aguas limpias o que no han sido usadas antes, que provienen de distintas fuentes y que ingresan, en este caso al beneficio húmedo para limpiar el grano de café. |
| Aguas mieles | Son las aguas residuales del beneficio húmedo de café. Contienen importantes volúmenes de materia orgánica en dilución o en suspensión a causa del proceso del despulpado y del lavado del grano. |
| ANACAFE | Asociación Nacional del Café. Organización gremial de los caficultores de Guatemala |
| Android | Sistema operativo inicialmente desarrollado por la empresa Android Inc. y luego adquirido por Google para competir en el mercado de los <i>SmartPhones</i> o teléfonos inteligentes. |
| API | Por <i>Application Programming Interface</i> . Es un conjunto de comandos, funciones y procedimientos (protocolos) que cumplen un objetivo específico, para |

que puedan ser utilizadas por otro software. Están encapsuladas y ayudan al programador a evitar escribir código desde cero, este se limita a invocarlas.

API REST

O API RESTFUL, es un servicio web en el lado del servidor o el *Back End*. Puede ser usada por cualquier solicitud que siga un método HTTP, para realizar una determinada tarea y devuelve resultados en HML o JSON.

App

Por *Application*. Es un paquete de programación que efectúa una función específica directamente para un usuario final o en algunos casos para otra aplicación. Puede ser auto contenida o bien un grupo de programas. También, se usa el término Apk cuando está escrita para el sistema Android.

ArcGIS

Es un producto de la firma ESRI para gestionar los Sistemas de Información Geográfica, SIG, o *Geographical Information Systems, GIS*

Backend

Consiste fundamentalmente en tres partes: el servidor, los procesos internos y la base de datos. Se comunica con el *Front End* para recibir solicitudes y enviarle resultados de base de datos.

Beneficio húmedo de café

Es una de las cuatro etapas de la industria del café. En este, el grano es despulpado, lavado y secado

previo a su ingreso al beneficio seco. El producto final es el café en pergamino.

Browser

Es un programa interactivo con una interfaz gráfica que despliega archivos HTML. Se usa en la World Wide Web e interactúa vía HTTP.

C.A.F.E Practices

Por *Coffee And Farmer Equity Practices*. Es una práctica de evaluación de cumplimiento de normativa ambiental y social promovido por la transnacional Starbucks Inc. para certificar el café que compra de sus proveedores y que distribuye en sus tiendas

Cascabillo de café

O cascarilla, es un subproducto del beneficiado en seco del café que luego es utilizado en el beneficio húmedo como combustible en las secadoras de eje horizontal tipo Guardiola.

Cloud Computing

O computación en la nube, es un paradigma que permite a un usuario su integración a una red de servidores remotos comunicados mediante internet.

DABI

Diagnóstico ambiental de bajo impacto. Estudio de evaluación de impactos ambientales y sociales aplicable a actividades productivas ya en operación con impactos de intensidad media a baja.

| | |
|------------------------|---|
| <i>DataBase</i> | O base de datos, es un programa que almacena datos de una manera estructurada o no estructurada y los devuelve a requerimiento del usuario. |
| DR CAFTA | Por Dominican Republic and Central America Free Trade Agreement, o Tratado de Libre Comercio entre los Estados Unidos de América y los países de Centroamérica y la República Dominicana |
| EIA | Por <i>Environmental Impact Assessment</i> o estudio de evaluación de impactos ambientales. Es un documento técnico que se presenta ante la autoridad ambiental; en el caso de Guatemala, al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, en el que se documenta la viabilidad ambiental de una actividad productiva (que no se encuentre en operación, sino en fase de diseño). Su resultado final es la licencia ambiental. |
| Fiabilidad | Aplicado al diseño del prototipo. Se refiere a generar confianza entre los caficultores sobre las garantías de seguridad y privacidad de sus datos. |
| <i>FrontEnd</i> | Son las tecnologías del lado del usuario en las aplicaciones, básicamente HTML, CSS y JavaScript. El <i>Front End</i> se comunica con el servidor mediante APIs o librerías que le devuelve al usuario los resultados solicitados. |

| | |
|----------------------|--|
| FuelPHP | Es un <i>framework</i> de código abierto, muy simple y flexible que se ha escrito en PHP. Sirve para facilitar la creación de una API REST. |
| Funcionalidad | Aplicado al diseño de un prototipo. En este caso no se refiere a la operación correcta de la herramienta tecnológica, sino a que esta ayude efectivamente al productor a identificar los elementos de su sistema productivo, que deben de ser atendidos para cumplir con las normas ambientales que le ayuden a introducir a su empresa en el ámbito de la sostenibilidad. |
| G1 | O primera generación de tecnología de telefonía móvil, en formato totalmente análogo. |
| G2 | O segunda generación de tecnología de telefonía móvil. Pasa de una tecnología análoga a digital. Permite no solo transmisión de voz, sino también datos o archivos digitales cortos como los SMS y algún tráfico de documentos multimedia MMS. |
| G3 | O tercera generación de tecnología de telefonía móvil. Ofrece altas velocidades en la transmisión de voz y datos en forma paralela mediante la tecnología UMTS. |
| G4 | O cuarta generación de tecnología de telefonía móvil. Está basada íntegramente en el protocolo IP, es decir |

que utiliza tecnologías móviles y fijas y se aprovecha de esa interacción para mejorar las velocidades de carga y descarga. Se apoya en los estándares GSM y CDMA.

G5 O quinta generación de tecnología de telefonía móvil. Actualmente (2019) se encuentra en proceso de estandarización y en fase de prototipo. Será un estándar que hará posible el Internet de Las Cosas (IoT).

GUI Por *Graphic User Interface*. Es un programa informático que interactúa con el usuario, utilizando un conjunto de imágenes y objetos gráficos para representar la información y acciones disponibles. Su objetivo es crear un entorno visual para comunicarse con el sistema operativo.

HTML5 Es la quinta versión estable del estándar original de HTML (*HyperText Markup Language*).

HTTP Por *Hypertext Transfer Protocol*. Se considera un medio de transferencia de datos relativamente inseguro y susceptible a ataques e intrusiones maliciosas.

HTTPS Por *Hypertext Transfer Protocol Secure*. Utiliza un cifrado basado en la seguridad de textos SSL/TLS para crear un canal encriptado.

| | |
|--------------------------|--|
| iOS | Por <i>Intelligent Operating System</i> . Sistema operativo propio de la empresa Apple. |
| IDE | Por <i>Integrated Development Environment</i> . Es un entorno de desarrollo para aplicaciones que combina varias herramientas de programación en una sola interfaz gráfica del usuario (GUI). |
| Impacto ambiental | Es una modificación, que puede ser positiva o negativa, sobre los recursos naturales y/o sobre las personas como consecuencia de un proceso de transformación industrial o comercial. |
| Java | Es un lenguaje de programación de uso general, concurrente, orientado a objetos, que fue diseñado para tener tan pocas dependencias de implementación como fuera posible. |
| JSON | Por <i>JavaScript Object Notation</i> . Es un formato ligero de intercambio de datos, que es mucho más liviano que el XML. Se usa para enviar solicitudes y recibir resultados de consultas entre el <i>Front End</i> y el <i>Back End</i> y viceversa. |
| KPI | Por <i>Key Performance Indicators</i> o indicadores clave de desempeño. Son cifras cuantitativas que se generan a partir de por lo menos dos variables y que permiten establecer parámetros que den información del desempeño de una actividad en tiempo presente. |

| | |
|-------------------------|--|
| Leña | Es un subproducto de la finca agroforestal de café, que se genera durante el manejo de sombra y es utilizada en el proceso del beneficio húmedo de café como combustible para las secadoras artificiales como las de eje horizontal tipo Guardiola. |
| LCA | Por <i>Life Cycle Assessment</i> o informe del ciclo de vida de un producto o servicio. Se aplica a la evaluación de impactos ambientales de un producto o servicio desde su origen hasta su muerte. |
| Listado taxativo | O listado taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades. Es emitido por el MARN mediante un acuerdo ministerial, que clasifica a la mayoría de las actividades productivas en función de los impactos ambientales que producen y les otorga un tipo de instrumento ambiental a cumplir. |
| LTE | Por <i>Long Term Evolution</i> . Es una tecnología de transmisión de datos de Banda Ancha inalámbrica, con un nivel de especificación de transmisión o recepción de datos superiores a 3G, pero que no llega a 4G. |
| MARN | Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala. |

| | |
|---------------------------------------|--|
| MDB | Por <i>Mobile DataBase</i> . Es un sistema para acceso a bases de datos remotas por medio de una conexión inalámbrica a Internet. |
| MS Excel | Es un producto de la suite MS Office que sirve para construir hojas electrónicas y sirve para almacenar datos y realizar análisis sobre ellos. |
| MS Word | Es un producto de la suite MS Office que sirve como un editor de texto. |
| Mucílago | Es una sustancia con la consistencia de un gel que se encuentra entre la pulpa y el grano de café. Aporta la mayor cantidad de materia orgánica a las aguas mieles. |
| Multihilo (<i>multithread</i>) | Es una característica de algunas bases de datos, en las cuales los procesos tienen diversas vías de ejecución. Si uno de ellos deja de correr no se cae toda la aplicación, sino que simplemente se corta esa vertiente y el proceso continúa. |
| ONU | Organización de Naciones Unidas. |
| <i>Open Source</i> | Es una fuente de recursos de desarrollo o de uso que está abierto para que sea mejorado mediante contribuciones de la comunidad de desarrolladores. Su uso no requiere de pago. |

| | |
|-------------------------------|--|
| Pertinencia | Aplicado al diseño del prototipo. Debe entenderse como la característica que logre poner en el centro del estudio a los temas torales de un EIA, aunque por falta de espacio se posterguen los complementarios, es decir, aquellos con poco impacto y bajo aporte de valor agregado. |
| Power BI | Plataforma desarrollada por Microsoft que permite realizar análisis de datos y que despliega resultados en forma gráfica. Está ubicada en la nube y es móvil. |
| Programa (informático) | Es una agrupación ordenada de instrucciones dirigidas a una computadora para generar resultados. |
| Prototipo de una App | Es una maqueta que contiene todas las funcionalidades de una aplicación, pero que aún no se ha integrado plenamente al sistema de información final. |
| Pulpa del café | Es la piel en la que viene envuelto el grano del café. Después de eliminada en el proceso de despulpado en el beneficio húmedo, puede convertirse en fertilizante orgánico. |
| PWA | Por <i>Progressive Web Application</i> . Es un tipo de aplicación móvil que no depende de un sistema operativo en particular y a la vez es soportado por los SO más populares. Pueden comportarse como |

aplicaciones móviles nativas sin serlo y lo hacen mediante herramientas como *Service Workers*.

QA

Por *Quality Assurance*. Actividades de evaluación de cada una de las etapas del proceso de desarrollo (programación) para garantizar que el producto final sea plenamente funcional y cumpla con los estándares de calidad.

Query

O consulta en base de datos. Responde a un requerimiento específico, solicitado mediante código desde el *Front End*.

RDBMS

Por *Relational DataBase Management System*. Es un sistema de gestión de bases de datos relacionales.

RECSA

Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, que hace operativo a la Ley de Protección y Mejoramiento Ambiental.

Repository

O repositorio, es un espacio centralizado donde se almacena, organiza, mantiene y difunde información digital, habitualmente archivos informáticos, que pueden contener trabajos científicos, conjuntos de datos o software.

Responsive Web Design

Técnica que permite que las gráficas que se generan en las aplicaciones, se adapten automáticamente al tamaño de las pantallas de cada dispositivo.

| | |
|---|--|
| SDK | Por <i>Software Development Kit</i> . Es un conjunto de herramientas de desarrollo de software, que permite la creación de aplicaciones móviles para un determinado sistema operativo o plataforma. |
| Segundo paradigma del desarrollo | Representa el nuevo paradigma de desarrollo (socio económico), que se propone después de que se considera agotado al primero. Inicia después de la segunda guerra mundial, y complementa a la producción y al consumo, con la persona humana y los recursos naturales como actores fundamentales del desarrollo. |
| Server | O servidor, es una aplicación en ejecución (<i>software</i>) o dispositivo (<i>hardware</i>), capaz de atender las peticiones de un cliente y devolverle una respuesta en concordancia. Los servidores operan a través de una arquitectura cliente-servidor. |
| Smartphone | O teléfono inteligente. Es un dispositivo móvil que aunque conserva la función de comunicación inalámbrica de un teléfono celular, provee muchas más funciones las que dependen del número de aplicaciones que tenga instaladas. |

| | |
|-----------------------|--|
| SOAP | Por <i>Simple Object Access Protocol</i> . Es la tecnología que se encuentra detrás de los que se conocen como <i>Web Services</i> . Está diseñado para dar solución a casi cualquier necesidad de comunicaciones. |
| Sostenibilidad | Es la forma de dar el mejor uso a los recursos disponibles para obtener satisfactores a las necesidades, sin llegar a comprometer su disponibilidad en cantidad y en calidad en el futuro. |
| SPA | Por <i>Single Page Application</i> . Es un tipo de aplicación web que se desarrolla en una sola página y que se presenta mediante vistas. Ofrece tiempos de respuesta superiores, pues no necesita recargarse continuamente. |
| SQL | Por <i>Structured Query Language</i> . Es un lenguaje de programación para interactuar con bases de datos relacionales. Permite realizar consultas y actualizarlas. |
| TI | Tecnologías de la Información |
| TIC | Tecnologías de la Información y las Comunicaciones |
| TypeScript | Es un lenguaje de programación de código abierto desarrollado por Microsoft, que convierte el código en JavaScript, de tal forma que si el navegador ha sido escrito en JavaScript y lee el código escrito en |

TypeScript lo leerá y no notará la diferencia. Una de sus más populares aplicaciones se encuentra en el *framework* Angular de Google.

UNCSTD

Comisión de Naciones Unidas para la Ciencia y el Desarrollo de la Tecnología, por sus siglas en inglés

Visual Studio Code

Es un entorno de desarrollo integrado (IDE) que funciona como código fuente ligero, que funciona con los sistemas operativos Windows, Mac y Linux. El ecosistema tiene incorporado TypeScript, JavaScript y NodeJS. Se utiliza para el diseño y desarrollo de aplicaciones ya que combina herramientas del desarrollador en una sola interfaz gráfica de usuario (GUI).

Web App

O aplicación web, es una versión de una página web que se optimiza para funcionar en los teléfonos inteligentes, que se puede adaptar a cualquier dispositivo y funciona independiente del sistema operativo.

XML

En un tiempo se consideró el sistema más usado para la transmisión de datos. Funciona etiquetando los datos, de modo que la información pueda ser almacenada, transmitida, procesada, visualizada e impresa por muy diversos tipos de aplicaciones y dispositivos. Se almacena como texto en un archivo con extensión .XML. Es un lenguaje independiente,

no tiene un propietario y no es un lenguaje de programación.

RESUMEN

El principal objetivo del presente trabajo es generar conocimiento entre los caficultores y su entidad gremial Anacafé, particularmente, en lo que se refiere a la gestión ambiental de los beneficios húmedos de café, que les aporte información suficiente en cantidad y en calidad, para tomar las mejores decisiones que se sustenten en hechos concretos y en datos duros.

Este objetivo se concreta, para el presente estudio, en la construcción de una herramienta de TI: la aplicación Ambiente y Café a nivel de prototipo, a través de la cual se captura, depura y almacena en base de datos, información estratégica del proceso productivo de un beneficio húmedo de café, que después de ser analizada, hace que esta se convierta en la materia prima para la elaboración de estrategias y planes de desarrollo que transformen a la industria del café en una actividad económica ambiental y socialmente sostenible.

Y es que, para una actividad estratégica para el país como la industria del café, resulta ya impostergable su integración plena al segundo paradigma del desarrollo, lo que le abriría las puertas al segmento del mercado con las mejores oportunidades de negocios, al mismo tiempo que le permitiría rediseñarse para evolucionar hacia un nuevo modelo de gestión, basado en conocimiento y en prácticas sostenibles.

Para lograr tal propósito, se propone la recolección, directamente del productor, de una serie de variables cualitativas y cuantitativas que permiten caracterizar a cada una de las etapas del proceso en un beneficio húmedo de café, las que una vez procesadas y analizadas, permiten la identificación y

valoración de sus efectos sobre los recursos naturales (impactos ambientales) y sobre las personas (impactos sociales) a partir del cumplimiento de la normativa ambiental y social que les aplica.

Aunque el sistema que se propone no llega a sustituir los alcances de un estudio de impacto ambiental, EIA, como lo establece la ley, sí cumple con suficiencia la identificación, de forma precisa, de las prácticas que deben recibir atención (gestión e inversiones) para hacer de esta industria una actividad ambiental y socialmente sostenible.

A partir de los resultados obtenidos en el presente proyecto, se pudo arribar a conclusiones que fueron validadas en función de su alineación con estrategias nacionales de desarrollo, como las contenidas en la Política Nacional de Ambiente y Cambio Climático y la Guía Ambiental para el Sector Café de Guatemala entre otras, con el objeto de atender temas sensibles como el de las aguas del afluente, las aguas residuales, los desechos sólidos y el mejor uso de la energía.

Para validar la funcionalidad y la operatividad del prototipo de la aplicación Ambiente y Café, se obtuvo retroalimentación de 14 beneficios húmedos de igual número de fincas, distribuidas en cuatro de las ocho regiones productoras de café del país y que, aunque la muestra no resulta representativa del universo en términos de información consolidada, su validación sí se considera viable para corroborar la funcionalidad de la herramienta.

El presente estudio también sirvió como un recordatorio a la industria del café, que ha jugado históricamente un papel fundamental en la economía de Guatemala desde tiempos de la revolución liberal de 1871, que también le aplica lo que a todo ser vivo: o se adapta a las nuevas condiciones del entorno o se

resigna a morir. Adaptarse, en el presente caso significa repensar la forma en que se gestionan sus datos, se genera información y se toman decisiones. Esto porque el siglo XXI hizo posible para las personas y las empresas, el acceso a herramientas tecnológicas, principalmente las móviles, que hacen fácil hoy lo que era difícil, oneroso e impráctico en el pasado reciente. Aprovechar las ventajas que ofrece ese nuevo entorno resulta una decisión impostergable, dadas las condiciones impuestas por los mercados globales, entre ellas la volatilidad de las oportunidades en un ambiente de fuerte competencia y de innovación.

Como resumen del ejercicio de autoevaluación de un beneficio húmedo de café propuesto en el presente estudio, mediante el prototipo de la aplicación Ambiente y Café, se concluye que aún hay varios temas en el proceso productivo, que no han sido atendidos apropiadamente por la mayoría de las fincas evaluadas, mismos que para mejorarlos no necesariamente requieren fuertes inversiones de capital, sino que pueden abordarse con propiedad adoptando un cambio de actitud hacia la gestión sostenible de los recursos naturales y una cultura orientada hacia la gestión sistemática de la información.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

- Planteamiento del problema

El advenimiento de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), ha significado grandes aportes a la industria en términos de productividad, especialmente en el campo de la automatización de procesos y en el monitoreo de la gestión del negocio. Esas tecnologías han representado, para quienes las han incorporado y les dan un uso apropiado, nuevas oportunidades de crecimiento y de mejoras en la gestión de recursos, lo que al final se traduce en una mejor manera de hacer negocios.

Sin embargo, hay aún hoy algunas actividades productivas, tal el caso de los beneficios húmedos de café en Guatemala, que son continuamente señalados de incumplir normativa ambiental y social, particularmente en lo tocante a las descargas de aguas residuales, manejos inapropiados de pulpa y lodos, así como de falta de implementación de mejores condiciones de salud y seguridad en el trabajo. Tal situación ha dado como resultado inmediato, la pérdida de competitividad en algunos mercados importantes y en no pocos casos también de rentabilidad, esto a pesar de que el café de Guatemala sigue manteniendo uno de los más altos niveles de calidad de tasa a nivel mundial.

La falta de cumplimiento, total o parcial, de las normas ambientales y sociales en esa industria, han abierto brechas en su desempeño que deben cerrarse. El cumplimiento de las normas ambientales y sociales es hoy un prerrequisito fundamental para vender el café en las mejores condiciones posibles, ya que los precios más altos y las mejores condiciones las ofrecen los

compradores a los proveedores que presenten los más altos indicadores de calidad y de responsabilidad ambiental y social. Las deficiencias en la aplicación de buenas prácticas en la producción y procesamiento del café, comúnmente se asocian con un nivel importante de desactualización administrativa en términos de gestión de datos y de generación de información, permitiendo con ello que esos espacios privilegiados en los mercados, los ocupen otros productores que se han adelantado a acoger en el seno de sus empresas los últimos avances tecnológicos y los aprovechan.

Otra carencia sentida en países como Guatemala, que también afecta a la industria del café, es la desvinculación que ocurre entre los ciudadanos, las instituciones de gobierno y las mismas empresas privadas, con la cultura de la información. En la administración pública y aunque en menor grado en el sector privado, la información de una actividad en particular, o no existe o no ha sido sistematizada o no está digitalizada. Tal situación, entendida como un asunto cultural que de alguna forma está vinculado con el uso de sistemas de captura y proceso de información anticuado, impreciso y de uso difícil y engorroso es uno de los obstáculos que impiden el pleno desarrollo del país.

La carencia de información pertinente, actualizada y gestionada de forma segura y ágil es un obstáculo para que tanto las entidades de gobierno, como las entidades gremiales y los administradores de las unidades productivas, realicen sus tareas de gestión con ayudas basadas en conocimiento y elaboradas con sustento científico, que den valor agregado a sus productos y servicios.

En conclusión, la falta de generación de conocimiento y la poca agilidad en la obtención y de difusión de información estratégica sobre la calidad de la gestión del negocio, no facilita a los productores de café la mejora en sus indicadores de desempeño, así como que integren mejores prácticas en sus procesos

productivos y cumplan apropiadamente con la normativa ambiental y social que les abriría mejores oportunidades de negocios en los mercados de alta gama, es decir aquellos en donde se evalúa no solamente la calidad del grano, sino también el nivel de responsabilidad social y ambiental de la empresa. Derivado de lo anterior el presente estudio busca responder las siguientes preguntas:

- Pregunta central

¿Qué tecnología de la información y la comunicación resulta la más efectiva para construir un sistema de gestión de información, a través del cual se capten, depuren y analicen los parámetros de operación de un beneficio húmedo de café, mediante la generación de indicadores clave de desempeño y etiquetas de calidad, que permitan al empresario mejorar la gestión de su negocio en términos de buenas prácticas y de cumplimiento de normativa ambiental y social?

- Preguntas auxiliares

- ¿Cómo adquirir, procesar y analizar la información clave de la operación de un beneficio húmedo de café, que permita generar una estrategia de producción sostenible?
- ¿Cuál es la arquitectura de sistemas de Información y la comunicación que permite gestionar los datos relevantes de las actividades de los beneficios húmedos de café, que apoye a los industriales en sus esfuerzos por alcanzar la sostenibilidad y la mejora continua?
- ¿Qué indicadores clave de desempeño y etiquetas de calidad deberá proveer el sistema de información que ayude a mejorar la gestión de los beneficios húmedos de café en Guatemala, que

permitan evitar, minimizar, reducir o compensar los impactos ambientales y sociales que produce?

OBJETIVOS

General

Implementar un prototipo de aplicación web, que haga disponible a los caficultores del país y a su entidad gremial, datos estratégicos e indicadores de desempeño del proceso productivo de sus beneficios húmedos de café, que les permita realizar una autoevaluación del cumplimiento de la normativa ambiental y social de su unidad productiva.

Específicos

- Extraer y procesar datos básicos del proceso de beneficiado húmedo de café, que permita al productor desarrollar una estrategia para hacer sostenible la operación.
- Presentar en tiempo real información estratégica basada en indicadores de desempeño de esa actividad, basados en el cumplimiento de la normativa ambiental y social.
- Seleccionar la arquitectura de TI que mejor se adapte a las necesidades de la gestión de un beneficio húmedo de café y que entregue al operador del negocio información de retroalimentación pertinente, útil, en forma práctica y en tiempo real.

MARCO METODOLÓGICO

- Tipo de estudio

El presente proyecto es un trabajo de investigación del tipo evaluativo, esto es no experimental. La información que se requiere como materia prima para el análisis y la devolución de resultados de la operación de un beneficio húmedo de café, sirve para verificar de forma rápida, si la unidad productiva cumple, cumple solo parcialmente o no cumple con la normativa técnica, ambiental y social aplicable, e integra a partir de los datos recolectados, indicadores de desempeño y etiquetas de calidad que permiten su monitoreo y evaluación en el tiempo.

Los resultados obtenidos de esa evaluación preliminar cumplen con la función de devolver información pertinente y útil al productor de café en tiempo real para la toma de decisiones basadas en conocimiento y que es complementaria a un estudio de evaluación de impacto ambiental.

Por otro lado, esa información colectada y generada es almacenada en una tabla de una base de datos y hace posible, a partir de su análisis mediante consultas, generar información estratégica fundamental tanto para los caficultores individuales de cada una de las ocho regiones productoras de café en el país, como para la entidad gremial Anacafé.

Esa gestión de información podrá ser utilizada para la elaboración de planes y programas de desarrollo, así como para contar con una forma efectiva de evaluar el nivel de cumplimiento de normativa técnica, ambiental y social de sus unidades productivas, a partir del integrado de cada una de las ocho regiones productoras de café del país.

- Diseño

En el presente estudio se propone la creación de un sistema de gestión de datos basado en la recolección y análisis de variables cualitativas y cuantitativas que caracterizan a las etapas más importantes del proceso productivo de un beneficio húmedo de café.

En el concepto del diseño se menciona solamente a los elementos ambientales más importantes y no a todos, ya que su alcance global resultaría muy extenso y su operación demasiado compleja, tal y como se explica en el Apéndice 1, además del hecho de que una de las condiciones del diseño, es cumplir con buenas prácticas de experiencia del usuario. Esta última situación, condiciona al diseñador a concentrarse en los temas más relevantes y presentar al usuario un cuestionario corto, fácil de llenar y de interpretar.

De los datos recabados en la colecta, se genera indicadores de desempeño (información cuantitativa) mediante cálculos internos en la aplicación a partir de los algoritmos del prototipo, así como etiquetas de calidad (información cualitativa), tal como se presenta en la tabla I.

Las variables que intervienen se generan desde el mismo momento de su colecta y se integran al sistema mediante una interfaz contenida en la aplicación Ambiente y Café, tal y como se detalla en la tabla AII del apéndice 3. Desde el momento en que los datos son ingresados, los algoritmos anidados en el código de la aplicación realizan la tarea de evaluación de estos, los depura y los procesa para generar indicadores de desempeño y etiquetas de calidad, los que son devueltos al usuario a manera de retroalimentación o devolución de resultados desde las mismas pantallas de la aplicación.

Una vez finalizado el proceso de carga de datos desde un dispositivo móvil, estos son depurados y se almacenan de forma estructurada en la base de datos ubicada en el servidor y los pone a disposición de quienes los requieran para realizar análisis. El estudio se concentró en la fase de diseño y en la construcción del prototipo de la aplicación, así como su distribución entre algunos asociados de Anacafe para verificar la funcionalidad de la aplicación, así como la correcta aplicación de los parámetros de referencia. De esa experiencia se concluyó que el prototipo es cien por ciento funcional y está en condiciones de cumplir con los más importantes requerimientos de un EIA para un beneficio húmedo de café.

- Implementación de la aplicación a partir del prototipo

La implementación de la aplicación propiamente dicha, es la última etapa del proceso de operatividad de un sistema de gestión de datos y para ello se sugiere que sea complementada, instalada y publicada por la entidad gremial Anacafé, para que dicha información estratégica esté disponible en sus propios repositorios para su consulta y análisis, no solo por los caficultores asociados, sino por los técnicos de la entidad y en casos especiales por investigadores de los institutos de desarrollo, de los analistas de las certificadoras de calidad y de los científicos de la Academia bajo autorización.

- Procedimiento metodológico

La metodología empleada para el cumplimiento de los objetivos del proyecto consiste en cuatro etapas, las que se mencionan a continuación:

- Etapa 1: diseño del prototipo de la aplicación web Ambiente y Café

En esta primera etapa, se tomó como punto de partida y como modelo de desarrollo del proyecto, el protocolo que sugiere el MARN para la presentación

de un diagnóstico ambiental de bajo impacto, DABI, que es el tipo de instrumento ambiental que le aplica a un beneficio húmedo de café de acuerdo con el listado taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades.

De ese protocolo, que contiene capítulos y apartados que requieren la presentación de información cualitativa y cuantitativa del proceso productivo, y que lo evalúa en función de la cantidad y la calidad de uso que se le da a los elementos ambientales (los recursos naturales) como el agua, el suelo, el aire (la atmósfera), los elementos culturales e históricos, los riesgos, la salud y seguridad ocupacional, entre los más importantes, se seleccionó los temas que por su relevancia representan los mayores efectos (impactos) sobre los elementos ambientales.

La razón que condiciona al diseñador a reducir la evaluación a lo fundamental, tal y como se detalla en el apéndice 1, se apoya en el hecho de que la herramienta debe ser pertinente y práctica, es decir que al mismo tiempo que solicita y entrega de vuelta información útil, no represente una molestia para el usuario que pueda desanimarlo a integrarse al sistema, o que lo desmotive en cuanto a la producción de información de calidad.

- Etapa 2: construcción del prototipo de la aplicación web Ambiente y Café

En el presente caso, dado que la especialidad del estudiante proponente del estudio no es la de un desarrollador de aplicaciones, su función se limitó al

diseño y a la coordinación de todas las funciones de apoyo al desarrollador, quien fue contratado para realizar la construcción del prototipo.

- Etapa 3: distribución del prototipo de la aplicación web Ambiente y Café

Dado que el presente es un proyecto diseñado y construido para apoyar la mejor gestión de los beneficios húmedos de café, mismos que se encuentran en su gran mayoría asociados a la Anacafé, lo procedente fue distribuir la aplicación por medio de los canales administrativos de esa organización gremial; para ello se efectuó una presentación del proyecto a las unidades técnicas de la entidad, de tal forma de asegurar que los objetivos del proyecto sean congruentes con los de la asociación, así como que su uso apoyará a la organización en la promoción de sus políticas y planes de desarrollo.

Luego de superado ese trámite, se espera distribuir entre los asociados el vínculo electrónico a través del cual se pueden conectar a la aplicación y rendir así la información solicitada. La distribución se esperaría se realice por medio del personal técnico de apoyo post cosecha de Anacafé, siguiendo sus procedimientos administrativos internos.

- Etapa 4: análisis de la información *ex post*

Una vez alcanzado un número representativo de fincas encuestadas, se procedió a descargar la información almacenada en base de datos y se transfirió a un medio de análisis, en este caso a hojas electrónicas de MS Excel, para realizar la caracterización por región, calificación de buenas prácticas y evaluar los efectos (impactos) a los elementos ambientales, cuyos resultados se presentan en el apéndice 4.

INTRODUCCIÓN

¿En qué beneficia a nuestro negocio el uso de las tecnologías de la información y la comunicación?

Esta es la primera pregunta que formula un productor de café cuando se le recomienda realizar una actualización de sus sistemas de gestión de datos integrando el uso de herramientas de TI para mejorar sus prácticas administrativas y operativas en su negocio.

En el caso de una finca de café en general y de un beneficio húmedo en particular, la práctica de llevar el control de las operaciones del proceso productivo es una rutina que se lleva a cabo hoy de la misma forma como se hizo desde el advenimiento de la caficultura al país a finales del siglo XIX.

La colecta de datos básicos de producción se continúa realizando a mano mediante boletas de papel y cuadernos de notas, que luego son trasladados por un oficinista encargado a los libros, o en el mejor de los casos a hojas electrónicas.

Esos datos crudos son consolidados y eventualmente analizados mediante resúmenes o informes específicos, de donde el gestor del beneficio extrae alguna (incompleta muestra de la) información del desempeño de la actividad, a partir de la que se toman decisiones administrativas y se planifica.

En general se puede decir que a una actividad económica le ocurre lo mismo que a una especie viva: deberá adaptarse o morirá. Adaptarse a las

exigencias de los mercados globales de hoy y cumplir al mismo tiempo con las nuevas condiciones de sostenibilidad impulsadas por las organizaciones globales como la Organización de Naciones Unidas y el Banco Mundial, así como de los gobiernos locales y regionales, representa un gran reto para los productores, pero al mismo tiempo una gran oportunidad para industrias como la del café, que sigue generando riqueza, a pesar de las difíciles condiciones en la que sobrevive hoy en día, además que sigue produciendo múltiples y diversos servicios ambientales y sociales en donde se practica.

El presente trabajo es un estudio de sistematización de procesos que da respuesta a las preguntas planteadas, proponiendo a los caficultores una herramienta de TI que les dé poderosas razones para acercarse a un modelo sostenible de gestión de los recursos, además que les abra la oportunidad para obtener mejores resultados en sus negocios por medio del cumplimiento de la normativa ambiental que les aplica.

La herramienta propuesta, consiste en el prototipo de una aplicación web que recoge datos del proceso de un beneficio húmedo de café, efectúa cálculos internos para generar otras variables, a partir de las cuales genera indicadores de desempeño y valores de calidad, estos últimos son presentados en la forma de etiquetas de calidad identificadas con marcas de colores de acuerdo con el código del semáforo para hacer su interpretación más intuitiva, que finaliza con la entrega de una calificación general integrada por la suma de las calificaciones de todas las etapas de la operación del beneficio.

Los datos ya validados se almacenan en una base de datos localizada en un servidor remoto (en la nube), del cual posteriormente se obtiene información consolidada, mediante consultas específicas o por medio de herramientas de análisis de datos.

En el desarrollo del presente estudio se encontrarán los conceptos principales ordenados bajo los siguientes capítulos de contenido:

- Antecedentes

Aquí se plantea un resumen de la situación global en términos de gestión los recursos naturales, contada desde el final de la segunda guerra mundial en 1945 y particularmente a partir de hechos fundamentales como la Declaración del Medio Ambiente Humano (1972), la promulgación del Decreto 68-86 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente en Guatemala, así como de la creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales en el año 2000.

Por otro lado, se reconoce el auge y el papel preponderante que ha jugado en la vida de las personas y las empresas el desarrollo de las TIC, entre otras cosas a partir de la iniciativa de la Organización de Naciones Unidas para su promoción, pero sobre todo por fenómenos sociales en el campo de las tecnologías de las comunicaciones, como la democratización de Internet al final de la década de 1980 y el advenimiento del primer teléfono inteligente, el Iphone en 2007.

- Justificación

Aquí se exponen los aportes que ofrece la aplicación Ambiente y Café, para buscar la mejor gestión de un beneficio húmedo de café, que supone la introducción o reforzamiento de buenas prácticas administrativas y operativas, utilizando conocimiento generado a partir de herramientas de TI, todo operando en un marco de actividad económica y de comercio internacional determinado por un mundo globalizado que ha determinado un ambiente de negocios centrado

en la responsabilidad social empresarial y de la mejor gestión de los recursos naturales, como parte de su estrategia para alcanzar la sostenibilidad.

- Alcances

En este capítulo se definen los niveles de cobertura de la aplicación web, las características mínimas que deben llenar los usuarios para estar en condiciones de aprovecharla, así como la disponibilidad de servicios de carga y descarga de datos para hacer la herramienta operativa.

- Marco teórico

En este capítulo se define y caracteriza cada uno de los elementos a partir de los que se diseñó y se construyó el prototipo de la aplicación Ambiente y Café, de tal forma que los resultados generados den respuesta a las preguntas formuladas en el planteamiento del problema y cumplan con los objetivos del estudio.

- Marco metodológico

En este capítulo se detallan las etapas en las que se desarrolló el proyecto, desde su concepción hasta su implementación, así como las principales actividades que se realizaron con el fin de alcanzar el objetivo principal y de responder a las preguntas del problema planteado.

- Presentación de resultados

En este capítulo se presenta de forma resumida los resultados obtenidos en el estudio. Se resaltan las diferencias entre los resultados obtenidos mediante

el sistema actual de gestión de información utilizada en los beneficios húmedos de café, contrastándola con los resultados obtenidos con la utilización del prototipo de la aplicación Ambiente y Café, evaluándolos en función de tiempo de respuesta, calidad de los datos, cobertura de la información y como un sistema que emite alertas para identificar los puntos débiles y los fuertes de la operación de la unidad productiva.

- Discusión de resultados

En este capítulo se comenta sobre los resultados registrados desde una perspectiva conceptual, generalmente cualitativa, pero que orienta a las conclusiones y recomendaciones en los dos últimos capítulos.

- Conclusiones

Como su nombre lo indica, aquí se arriba a un resumen de los grandes temas evaluados en el cuerpo del estudio. Con este capítulo se cierra el proyecto esperando que las acciones de los administradores de los beneficios húmedos del país se orienten al alcance de la sostenibilidad de su actividad productiva.

- Recomendaciones

Este apartado es consecuencia, tanto de la discusión de resultados, como de las conclusiones y ofrece una visión muy personal del autor en relación con las acciones que, en su opinión, de realizarse, mejorarían el desempeño de la unidad productiva en términos de buena gestión de recursos naturales.

1. ANTECEDENTES

Los efectos que ha causado la integración de las tecnologías de la información y la comunicación en los sistemas productivos, la economía, los estilos de vida de las personas y en el desempeño de las empresas, han sido estudiados ampliamente en múltiples trabajos científicos, académicos y en documentos técnicos.

En el caso de la industria del café, sin embargo, es muy poca la literatura que se ha producido, por lo menos localmente, situación que probablemente se deba a que el modelo productivo de esta actividad ha variado muy poco desde que se expandió por el mundo a mediados del siglo XIX, esto a pesar de que los avances en la tecnología y sus efectos en la globalización de la economía han cambiado definitivamente la forma en que se gestionan las empresas, entre ellas las productoras y procesadoras de café.

Por su parte, la liberación del comercio y la eliminación del sistema de cuotas que ocurren a finales del siglo pasado, ha obligado a los comerciantes e industriales del café a crear nuevas estrategias de desarrollo que les permita sobrevivir y crecer en ese nuevo y exigente entorno.

Los cambios de paradigma de desarrollo que se alientan a nivel global desde los tanques de pensamiento, las entidades multilaterales, la academia y los gobiernos, también empujan a la producción hacia la única opción viable, esto es adaptarse al nuevo entorno y hacerse sostenible.

En el año de 1995, en el ámbito de la ONU, se reconoce que las tecnologías de la información y la comunicación, TIC, son un importante medio de soporte al desarrollo, cuando a instancias del Secretario General se propuso la creación de la Comisión de Naciones Unidas para la Ciencia y el Desarrollo de la Tecnología (UNCSTD), por sus siglas en inglés y de ella se destacó un grupo de trabajo específico, el cual produjo el documento: Sociedades del conocimiento: las tecnologías de la información para el desarrollo sostenible (1998), en donde se resalta el interés que ha despertado en el mundo industrializado el uso de esas tecnologías a nivel de tomadores de decisiones, del sector privado, de los medios de comunicación y la academia; al mismo tiempo que alertan sobre lo poco que se sabe de su acceso y aplicación en los países en desarrollo como Guatemala.

Por otro lado, otros autores (2010) expresan las importantes diferencias que se han documentado a partir de los indicadores de desempeño de las empresas, así como en la amplia brecha que se ha abierto en términos de desarrollo (y acumulación de riqueza), entre las que utilizan esas tecnologías y las que no.

Es importante también mencionar los resultados de los estudios que muestran los efectos producidos en las sociedades por la democratización de los servicios de las comunicaciones móviles (2016), en donde se muestran los niveles de rápido crecimiento y del repentino interés que han despertado en el público los servicios de telefonía móvil, particularmente a partir del lanzamiento del primer teléfono inteligente, el iPhone en 2007, así como la gestión de datos en línea con el uso de aplicaciones que satisfacen necesidades tan variadas como comunicaciones, correo, redes sociales, localización geográfica, noticias, entretenimiento y ocio.

Relacionado con el uso de las TIC y su aplicación en los estudios de evaluación de impacto ambiental, EIA, aplicado en este caso a la industria de café, el estudio: Evaluación del ciclo de vida (LCA) aplicado a la producción de

café: una investigación sobre los impactos ambientales como ayuda a la mejora en la toma de decisiones al nivel de la empresa (2003), la autora expone los resultados de una investigación realizada por un equipo técnico de la Universidad de Messina, Italia, utilizando la herramienta de gestión de datos TEAM 3.0 by Ecobilan16, en la que puede visualizarse gráficamente todos los impactos ambientales estudiados, haciendo muy fácil la determinación de sus impactos y de la presentación de los resultados más significativos a partir de sus niveles de afectación al entorno y sus ubicaciones dentro del esquema del ciclo productivo.

Otro nicho interesante sobre la aplicación de las TIC para la óptima gestión de los recursos y la mejora en la toma de decisiones administrativas de una empresa, se encuentra en el trabajo Diseño de un sistema de administración para apoyo a la gestión basado en indicadores (2009), en el que la autora muestra cómo el uso de los datos que se producen en cada una de las etapas del proceso productivo, se convierten en la materia prima para generar conocimiento a través de la evaluación de los indicadores clave de desempeño, que luego se traducirán en mejores decisiones de gerencia que dirigirán la gestión hacia la sostenibilidad de la actividad productiva, así como al crecimiento de la empresa.

2. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se desarrolló en la línea de investigación y se concentró en la gestión de datos operativos de un beneficio húmedo de café, mediante el uso de una herramienta de TI que se orienta a estimular el desarrollo sostenible de esa actividad productiva. Esto resulta en una estrategia que deviene del reconocimiento de que la gestión de los beneficios húmedos de café se hace aún de la misma manera que se hizo a inicios del siglo pasado, esto es generando información contenida en documentos en papel, cuyo procesamiento e interpretación resulta lento, inseguro e impráctico.

La herramienta propuesta en el presente estudio pretende atender al problema social planteado, que para el presente caso es la falta de generación de conocimiento a partir de datos digitalizados y de información sistematizada, así como dar respuesta a las preguntas que orientan al presente proyecto y concretamente a alinearse con los objetivos del estudio.

Como estrategia se plantea la creación de condiciones suficientes para que los tomadores de decisiones, utilizando los recursos de las TIC, puedan crear estrategias de desarrollo e implementar planes de inversiones y de gestión de recursos que lleven a su actividad productiva por la senda de la sostenibilidad, cumpliendo de paso con la normativa ambiental y los requerimientos de calidad de los clientes.

Si el presente proyecto consigue motivar suficientemente a los caficultores para introducir en sus sistemas de gestión de datos mediante las TIC, se habrá cumplido con uno de los grandes objetivos del trabajo, toda vez que como se

sabe, el mundo no es más un conjunto de islas, sino un solo cuerpo plenamente integrado principalmente por la vía de las comunicaciones globales lideradas por internet y la telefonía móvil.

3. ALCANCES

El alcance del presente trabajo cumple con las características de los estudios del tipo descriptivo. Su funcionalidad se centra en el uso de herramientas, tecnologías y procesos conocidos y disponibles que pueden adaptarse para alcanzar los objetivos del proyecto.

El estudio fue diseñado para atender la necesidad de uno de los sectores productivos más antiguos del país: los caficultores asociados a Anacafé para que puedan obtener información pertinente mediante una herramienta de TI sencilla y práctica, que les provea del conocimiento suficiente para iniciar acciones que mejoren su rendimiento en términos de mejor gestión de los recursos naturales en su unidad productiva.

El siguiente beneficiario lo representan los equipos técnicos y administrativos de Anacafé, a quienes se les entrega un banco de datos amplio, que puede crecer año con año para que cuenten con mejores herramientas de planeación. Los últimos beneficiarios son los ciudadanos individuales y el país en su conjunto, pues con la implementación de mejores prácticas por parte de los sectores productivos que apunten hacia el uso sostenible de los recursos naturales. Cada guatemalteco y el país, como un todo, ganan al disponer por más tiempo y en mejores condiciones de los recursos naturales como el agua, el suelo y la atmósfera de la que depende también su vida y determinan su desarrollo.

La herramienta deberá tener cobertura nacional y estar diseñada para que pueda ser operada por caficultores con un mínimo de recursos y capacidades,

solamente limitados por acceso a internet y a un dispositivo con capacidades de conexión a la red.

4. MARCO TEÓRICO

El marco teórico, en este caso, lista los principales elementos que intervienen en el desarrollo del proyecto y que hacen aportes concretos a la solución propuesta.

4.1. Marco institucional

Para hacer efectiva la aplicación de las obligaciones contraídas como país, a partir de la firma de tratados o convenios internacionales, como en este caso la Convención de Naciones Unidas para el Medio Ambiente Humano y el Tratado de Libre Comercio entre los países de Centro América y República Dominicana con los Estados Unidos de América, se hace necesario integrarlos a la legislación nacional, así como crear o adaptar a una institución que tenga competencia en el tema y habilitarla mediante Ley para que se haga cargo de ponerlos en práctica. Para este caso, son varias las instituciones públicas y privadas que han tenido injerencia en el tema. Aquí se mencionan algunas de ellas.

4.1.1. La industria del café en Guatemala

El cultivo del café se estableció como un cultivo de gran escala en la franja tropical del mundo a mediados del siglo XIX, pero en el caso de Guatemala su florecimiento está vinculado con la Revolución Liberal de 1871 (2001) en la que se concibe por primera vez a la economía de la recién independizada nación a partir de un producto de exportación: el café, que propició con ello que surgiera el concepto de agroindustria en el país.

Esa industria que ha representado por cerca de ciento cincuenta años una importante fuente de ingresos de moneda dura a su economía por la vía de la exportación ha contribuido también a la alteración de la calidad del agua en ríos, lagos, mantos freáticos y en general de cuerpos de agua mediante la disposición sin tratamiento de los subproductos del proceso productivo como las aguas mieles y la pulpa del café.

Tal situación que daña en primer término a los recursos naturales de los que depende en primer lugar la economía del país y en segundo lugar a las personas, quienes ven su salud y su seguridad comprometidas cuando las aguas residuales sin tratamiento tanto del beneficiado húmedo del café (aguas mieles) como de las viviendas, así como de los residuos sólidos con alta carga de materia orgánica (pulpa de café), son dispuestos sin ningún tipo de tratamiento directamente en los cuerpos superficiales o subterráneos de agua.

Las aguas mieles no son otra cosa que agua limpia, pero que contiene niveles particularmente elevados de materia orgánica en suspensión y en solución proveniente del despulpado y del lavado del grano, condición esta que pone en serio riesgo la salud e incluso atenta contra la sobrevivencia de los organismos vivos que habitan esos cuerpos de agua. Los impactos negativos sobre el agua se dan debido a los muy altos requerimientos de oxígeno que produce la estabilización por oxidación de la materia orgánica.

En el caso de la pulpa del café, sus efectos sobre el suelo, los cuerpos de agua y en las personas es el mismo; además, contribuye con olores fuertes y genera adicionalmente gases de efecto invernadero disponiéndolos en la atmósfera. Esta situación no es nueva, pues ha ocurrido desde hace más de ciento cincuenta años y sigue de alguna forma ocurriendo a la fecha; por lo tanto, el gobierno de la república y las entidades de desarrollo y de cooperación

internacionales han promovido la aplicación de normativa ambiental que intenta evitar, minimizar, reducir o compensar los efectos de tales prácticas productivas sobre los recursos naturales y sobre las personas.

4.1.2. Asociación Nacional del Café, (ANACAFE)

La Asociación Nacional del Café (ANACAFE), es la institución gremial de los caficultores, creada en el año 1969 mediante el Decreto 19-69: Ley del Café, que agrupa, provee servicios y da asesoría técnica a todos los productores del café del país que se encuentran asociados. Entre las funciones que desempeña, está la de proveer a sus asociados información estratégica para ayudarles a resolver los muchos problemas que supone la gestión de sus unidades productivas.

Entre esos programas de asistencia técnica, se ha abierto una Unidad de Gestión Ambiental, que les provee a los asociados de conocimiento básico y les asesora técnicamente en temas de interés, mediante consejos prácticos vinculados a la gestión de los recursos naturales, para ayudarles a cumplir con la normativa social y ambiental vigente, así como prepararlos para hacer el mejor uso posible de los recursos con los que se opera su unidad productiva (ANACAFE, 2018).

4.1.3. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala

De acuerdo con el texto de la misión del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, MARN, expuesto en su página web, es la institución del Estado que “regula la gestión ambiental y promueve el desarrollo sostenible en Guatemala, de forma participativa” (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, 2019, pág. 1) y su visión: “Ser la institución que ejerza la rectoría ambiental y de los recursos naturales, buscando el equilibrio del patrimonio

natural con pertinencia cultural y de género” (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, 2019, pág. 1).

Sus funciones quedan establecidas en los artículos 64 y 97 de la Constitución Política de la República de Guatemala y específicamente a partir del Decreto 68-86: Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Su condición de rector del tema ambiental del país se establece en el año 2000 mediante el Decreto 90-2000: Ley de Creación del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y del decreto 91-2000 cuando pasa de ser la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) al MARN.

En 2016 se publicó una nueva versión del Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental (RECSA), mediante Acuerdo Gubernativo No. 137-2016 y con fecha 23 de diciembre de 2019 se publicó el Acuerdo Gubernativo No. 317-2019 que contiene las más recientes modificaciones a ese reglamento.

El listado taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades, Acuerdo Ministerial MARN No. 199-2016 y su última actualización AM MARN 264-2019, es junto al RECSA los dos instrumentos fundamentales que regulan todo lo relativo a la preparación, presentación y actualización de los estudios de evaluación de impacto ambiental (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, 2019). Con fecha 23 de agosto de 2018 se publicó el Acuerdo Gubernativo No. 314-2018, el cual contiene la aprobación de la Guía Ambiental para el sector Café en Guatemala.

4.2. Marco jurídico

Para hacer efectivos los compromisos adquiridos por el país en el ámbito de la gobernanza internacional, se requiere un conjunto de leyes que sirvan como referencia para hacer llegar todas las buenas prácticas que hagan de las industrias, en este caso de los beneficios húmedos de café, actividades sostenibles. Para el caso de Guatemala, se cuenta con dos marcos jurídicos aplicables: La normativa nacional y la internacional.

4.2.1. Normativa nacional

El artículo 5 de la Constitución Política de la República de Guatemala reza: “Toda persona tiene derecho a hacer lo que la ley no prohíbe” (Congreso de la República de Guatemala, 1965, pág. 1), por esa razón la primera línea de acción en una evaluación ambiental y social es estudiar su nivel de cumplimiento del marco jurídico aplicable.

Para verificar en el presente estudio el nivel de cumplimiento de la normativa ambiental aplicable a un beneficio húmedo de café, se consultó como mínimo las siguientes leyes: a) El Reglamento de Evaluación, control y seguimiento ambiental, RECSA, b) Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos.

Otras leyes como el Código de salud, Ley y el Reglamento de áreas protegidas, el Reglamento de salud y seguridad ocupacional, Ley general de hidrocarburos y su reglamento, Reglamento de la Ley de la coordinadora nacional para la reducción de desastres y la Ley para la protección del patrimonio cultural de la nación, no se abordaron en la aplicación, en atención al tema de la mejor experiencia del usuario, toda vez que llenar un formulario con toda esa

información corresponde a un EIA, lo cual, por un lado resultaría muy complejo realizarlo en el ámbito de una aplicación, y por otro lado su complejidad desestimularía a un caficultor que esté dispuesto a hacer un diagnóstico de su unidad productiva ambiental siempre que este se haga en forma rápida, práctica y amigable.

4.2.2. Normativa internacional

El 5 de agosto de 2004, se firmó el Tratado de Libre Comercio entre los cinco países de Centro América y República Dominicana con los Estados Unidos de América (Gobierno de los Estados Unidos de América, 2004). Este es un documento que promueve condiciones especiales de comercio entre los firmantes del tratado y que contiene en su cuerpo el capítulo No 17 que cubre el tema del cumplimiento de normativa ambiental. De acuerdo con la Constitución Política de la República de Guatemala, todos los tratados firmados por el gobierno y ratificados por el Congreso de la República, constituyen leyes de cumplimiento nacional (Congreso de la República de Guatemala, 1965). El Congreso de la República ratificó el DR CAFTA el 10 de marzo de 2005 mediante el Decreto 31-2005.

4.3 Marco ambiental: los sistemas de evaluación ambiental

La evaluación ambiental es desde 1970 una herramienta muy útil para diagnosticar y proponer medidas de mitigación que hagan de una actividad productiva que utiliza recursos naturales y que eventualmente los modifica, hacer de sí misma una actividad sostenible. Algunos de los elementos de esos sistemas se mencionan a continuación.

4.3.1. EI EIA

El EIA o estudio de evaluación de impacto ambiental (*Environmental Impact Assessment*) es un instrumento que se usó por primera vez en los Estados Unidos de América en 1970 y a partir de 1972 se convirtió en un estándar. A través del EIA se evalúan los impactos ambientales (alteraciones a los elementos ambientales: agua, suelo y atmósfera) de un sistema productivo, así como el uso de la energía y la mano de obra, para establecer los niveles de cumplimiento de normativas ambientales y sociales determinados en la legislación nacional y contenidos en instrumentos internacionales y normas generales de calidad.

En Guatemala, la entidad que regula, administra, aprueba y da seguimiento a los EIA es el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, que a su vez se apoya en varias leyes como la Ley de Protección y Mejoramiento al Medio Ambiente (Decreto 68-86), el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental (Acuerdo Gubernativo 173-2016 y sus reformas) y el Listado Taxativo de proyectos, industrias, obras y actividades (Acuerdo Ministerial MARN 199-2016 y sus reformas) más otras específicas relacionadas con la calidad del agua, la salud y seguridad ocupacionales, los hidrocarburos, las minas y la generación y distribución de electricidad entre otras (2019).

Los instrumentos ambientales son documentos técnicos elaborados por un experto registrado ante el MARN y presentados por el representante legal de la empresa, a quien se le conoce como el proponente y sirve para solicitar ante el MARN la emisión de una resolución aprobatoria y una licencia ambiental. Todos los contenidos del estudio se presentan en un formato impreso y uno digital (en formato PDF).

La información vertida en el expediente no es considerada un dato, toda vez que no ha sido digitalizada.

4.3.2. Las certificaciones de calidad

“En la industria del café, los programas de certificación además garantizan, por medio de un certificado, qué reglas específicas y regulaciones de normas voluntarias son observadas” (Guzmán Silva, 2017, pág. 14). Para el café hay básicamente dos tipos de certificaciones: a) certificación de calidad en la producción y b) certificación de calidad de proceso.

Un ejemplo de esas prácticas se da con el modelo de negocios de la multinacional Starbucks Coffee Inc., quien ofrece a sus clientes una taza de café 100 % guatemalteco de origen denominado Casi Cielo (*Almost Heaven*), la cual es servida a través de sus más de cien mil establecimientos en todo el mundo. Esta es por sí sola una oportunidad que muy pocos países productores de café de clase mundial pueden permitirse. Tan particular privilegio del que goza el café de algunas fincas de Guatemala está vinculado no solamente con la excelente calidad del grano, sino también a las condiciones de responsabilidad ambiental y social bajo las que se produce ese café.

Una condición *sine qua non* para que una finca pueda ingresar a ese exclusivo círculo de proveedores, es que haya cumplido con la certificación de calidad C.A.F.E Practices (por *Coffee And Farmer Equity Practices*), que promueve la multinacional para cumplir con sus propios estándares de calidad y que alienta a sus proveedores a adherirse a sus compromisos de responsabilidad social y ambiental (Starbucks, 2017).

Esa certificación de calidad es uno de los muchos modelos que fomentan buenas prácticas a lo largo del ciclo de la producción que se concreta en el lema

de la empresa: Asegurando el origen ético del café. C.A.F.E. Practices resulta de una alianza entre Starbucks Coffee y la empresa consultora SCS Global (Scientific Certifications Systems, Inc.), quien se encarga de diseñar los modelos de auditorías y de evaluaciones en el campo que dan soporte a la certificación, los cuales están basados en buenas prácticas y en el uso sostenible de los recursos naturales y la energía, además de temas complementarios como la salud y seguridad ocupacional de los trabajadores, las relaciones respetuosas con la comunidad y la generación de excedentes orientados a promover acciones de responsabilidad social empresarial (Starbucks Co., 2017).

Otras certificadoras de calidad son: Rainforest Alliance / Utz, Global GAP, Coffee Bird Friendly, Certificación IFOAM para el café orgánico, Fair Trade, Normas privadas Nespresso, Normas privadas Naturaland, Normas privadas Bio Suisse y Normas privadas Demeter, entre otras.

4.4. Marco operativo: las herramientas tecnológicas para la presentación de un EIA

Para presentar un EIA se hace necesario el uso de múltiples herramientas que permiten evaluar la interacción de los procesos que ocurren en la actividad productiva con las personas y con los recursos naturales, lo que se logra caracterizando las diferentes fases de la producción en función del protocolo oficial diseñado por el MARN. Las herramientas tecnológicas que sirven para tales fines están disponibles en el mercado, muchas son comerciales pero de uso gratuito y se puede elegir entre aplicaciones de marca o bien las de *software* libre u *Open Source*. Las dos opciones ofrecen una buena calidad de rendimiento y casi se puede decir que la diferencia es solamente el precio por pagar. Algunas de ellas son las siguientes.

4.4.1. Sistemas de información geográfica, SIG

La solución comercial más popular en nuestro medio es la de la ArcGIS / ArcMap de la multinacional ESRI, quien ofrece licencias de bajo costo para estudiantes o de alta gama para empresas y organizaciones; sin embargo, hay también otras opciones, esta vez de software libre como QGIS, la cual se encuentra en revisión continua y tiene disponibles actualizaciones automáticas en línea.

4.4.2. Aplicaciones para proceso de texto y cifras

La solución comercial más popular para PC en nuestro medio es la que ofrece Microsoft Office, la que cuenta con un procesador de texto (MS Word), una hoja electrónica (MS Excel) y un procesador de bases de datos (MS Access), aunque esas mismas soluciones se pueden encontrar en una suite basada en software libre: Libre Office Suite.

4.4.3. Diseño asistido por computadora, CAD

Para resolver el tema de la construcción de planos y dibujos a escala, la solución clásica ha sido por mucho tiempo la aplicación AutoCad de la empresa AutoDesk; sin embargo, están disponibles otras soluciones de software libre que pueden muy bien cubrir los requerimientos de un EIA sin tener que pagar por ello. Algunos ejemplos son: BricsCAD, Chief Architect, DesignCAD 3D Max v24, DraftSight, LibreCAD entre otros.

4.4.4. Información geográfica en línea

Otras herramientas muy útiles son las que se ofrecen a través de medios en línea como Google Earth, el cual es un servicio que pone a disposición de los usuarios fotografía satelital bastante actualizada en su versión gratuita, la que se complementa con un sistema de ubicación geográfica simple de usar, además de un set de herramientas de diseño que incluye trazo de líneas y polígonos, de los que se puede obtener las medidas aproximadas de longitud y de área, datos que representan una forma muy útil y práctica para realizar evaluaciones preliminares de predios o fincas, además que provee coordenadas geográficas que permiten referenciar cualquier punto en el mapa global, al mismo tiempo que permite tomar impresiones de un trabajo y almacenarlo para ser compartido y editado posteriormente usando archivos en el formato .kmz.

4.5. Marco tecnológico: tecnologías de la información y la comunicación, TIC

La implementación de la normativa ambiental en los beneficios húmedos de café a partir de la gestión de datos pasa por varias tecnologías que hacen posible tal tarea, entre ellas se mencionan:

4.5.1. Internet

Es la red de redes. Es un ecosistema que funciona porque los estándares abiertos en que se basa permiten que todas las redes se conecten a todas las redes. Sus principales funciones son la administración, las operaciones, la seguridad, la globalización del servicio y la conectividad. Internet conecta computadoras y lo hace mediante una dirección de IP (*Internet Protocol*) enviada

y recibida mediante una conexión física o por un emisor de señal de banda ancha como un enrutador o *router*.

4.5.2. World Wide Web

La World Wide Web (www) o más simplemente la *Web*, es un ecosistema basado en el concepto del hipertexto. Hipertexto: una entidad definida como expresiones no secuenciales (no lineales), presentadas en forma escrita y gráfica, que se interrelacionan entre sí de forma compleja, de manera que no es posible representarlas en un papel, es decir una manera de expresión que se acerca más a la forma como funciona el pensamiento humano, comunicándose mediante la libre asociación de ideas, más que en mecanismos rígidos como el de la escritura. Una de las propiedades del hipertexto en la informática, es que es capaz de crear y utilizar vínculos informáticos (*links*) para invocar funciones remotas o conectar nodos (conceptos) (White, 1996).

La *Web* también es definida como un sistema visual y gráfico que descansa en HTML, que se complementa con otros dos componentes que aportan diseño y funcionalidad respectivamente: CSS y TypeScript/JavaScript. La WWW comunica documentos por medio de sus direcciones web o URL.

4.5.3. HTML

HTML son las siglas de *HyperText Markup Language*. Es un estándar o una colección de estándares que sirve para construir y operar una página Web. Esos estándares son de código libre (Open Source), pero se mantienen dentro de la supervisión del World Wide Web Consortium o W3C. La última versión estable es la número cinco, de ahí que se le conozca como HTML5. El lenguaje, como su nombre lo indica, funciona con etiquetas o marcas (*Markup*), que permite que

los documentos puedan ser identificados. Para que las etiquetas del HTML5 puedan ser identificadas por el navegador, este debe de estar integrado a su sistema operativo (Luna, 2014).

4.5.4. CSS

Son las siglas de *Cascading Style Sheet*. Aporta orden y estética a un documento HTML o XML estructurado. CSS permite dar forma a la presentación de un documento HTML definiendo el formato, color de fondo, tipo, tamaño y color de la letra (Font), bordes, subrayado, ubicación en la pantalla y otros elementos propios de una página Web, y esto lo logra separando estilo de contenido. La función de estilo puede hacerse interna o externamente a la página. La última versión estable es la CSS3 y sus etiquetas también están supervisadas por la W3C (Luna, 2014).

4.5.5. TypeScript / JavaScript

Es un lenguaje de programación interpretado y está definido como orientado a objetos. Su principal uso es en el *Front End* o lado del cliente, aunque también cumple algunas funciones en el *Back End* o lado del servidor. Su código se escribe mediante una SDK (*Software Development Kit*) específica. La mayoría de los dispositivos móviles tienen instalado JavaScript en su sistema operativo.

4.5.6. Visual Studio Code

Es un IDE creado por Microsoft, Un entorno de desarrollo integrado (IDE) es un sistema de software para el diseño de aplicaciones que combina herramientas del desarrollador comunes en una sola interfaz gráfica de usuario (GUI). Generalmente, un IDE cuenta con las siguientes características:

- Editor de código fuente: editor de texto que ayuda a escribir el código de software con funciones como el resaltado de la sintaxis con indicaciones visuales, el relleno automático específico del lenguaje y la comprobación de errores a medida que se escribe el código.
- Automatización de compilación local: herramientas que automatizan tareas sencillas y repetibles como parte de la creación de una compilación local del software para su uso por parte del desarrollador, como la compilación del código fuente de la computadora en un código binario, el empaquetado del código binario y la ejecución de pruebas automatizadas.
- Depurador: programa que sirve para probar otros programas y mostrar la ubicación de un error en el código original de forma gráfica.

4.5.7. Angular

Angular es un *framework* desarrollado por Google. Es probablemente el entorno de desarrollo *Front End* más usado por su simpleza de uso. Está orientado a hacer aplicaciones web SPA totalmente dinámicas, reactivas y asíncronas con el servidor. Además, pone a disposición del desarrollador una gran cantidad de herramientas que le hacen más fácil y productivo el trabajo. Una característica particular de Angular es que separa al *Front End* del *Back End*, esto es que desde el lado del cliente se estará consumiendo datos del *Back End*, pero hecho mediante solicitudes.

4.5.8. PHP

Es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web. Se ejecuta en el servidor web, justo antes de que se envíe la página a través de Internet al cliente. Las páginas que se ejecutan en el servidor pueden realizar accesos a bases de datos, conexiones en red, y otras tareas para crear la página final que verá el cliente desde el *Back End*. El cliente solamente recibe una página con el código HTML resultante de la ejecución de la PHP. Como la página resultante contiene únicamente código HTML, es compatible con todos los navegadores. Algunas de las más importantes capacidades de PHP es la compatibilidad con las bases de datos más comunes, como MySQL, mSQL, Oracle, Informix, y ODBC. PHP interactúa fácilmente con archivos de toda clase, desde los más básicos como .docx, .PDF, .JPG, hasta los Flash que son animaciones cargadas en la red.

4.5.9. Apache

Apache HTTP Server es un software de servidor web. Su trabajo es establecer una conexión entre un servidor y los navegadores de los visitantes del sitio web (Firefox, Google Chrome, Safari, entre otros) mientras envían archivos entre ellos (estructura cliente-servidor). Apache es un software multiplataforma, por lo cual funciona tanto en servidores Unix como en Windows. Cuando un visitante quiere cargar una página de un sitio web, por ejemplo, la página de inicio de su navegador le envía una solicitud al servidor y Apache le devuelve una respuesta con todos los archivos solicitados (texto, imágenes, entre otros). El servidor y el cliente se comunican a través del protocolo HTTP y Apache es responsable de garantizar una comunicación fluida y segura entre las dos máquinas. Apache es altamente personalizable, ya que tiene una estructura basada en módulos. Los módulos les permiten a los administradores del servidor activar y desactivar funcionalidades adicionales. Apache tiene módulos de

seguridad, almacenamiento en caché, reescritura de URL, autenticación de contraseña y más servicios.

4.5.10. MySQL

Es un sistema de gestión de base de datos relacional o SGBD, multihilo y multiusuario, lo que le permite ser utilizado por varias personas al mismo tiempo, e incluso, realizar varias consultas a la vez, lo que lo hace sumamente versátil. Es muy utilizado en desarrollo web, ya que permite a los desarrolladores y diseñadores, realizar cambios en sus sitios de manera simple, con tan solo cambiar un archivo, evitando tener que modificar todo el código web.

Esto se debe a que MySQL trabaja con un sistema centralizado de gestión de datos, además permite incluir noticias e información rápidamente utilizando un simple formulario y sin tener que tocar el código. Cuando se combina con PHP, se convierte en una herramienta poderosa que significa aplicaciones cliente / servidor que requieran el uso de una base de datos rápida, segura y potente.

4.5.11. R

Es un lenguaje y entorno de programación para análisis estadístico y gráfico. R está orientado principalmente a estadísticas, aunque tiene otras muchas funciones como *Data Mining* o cálculo matemático. Es un lenguaje interpretado, esto significa que el usuario puede acceder a consultas mediante líneas de comando directamente desde la consola.

4.5.12. Herramientas para análisis

Son aplicaciones como MS Excel, MS Power BI o Tableau, que tienen la capacidad de analizar información en la mayoría de los formatos disponibles y que permite al usuario realizar limpieza y homogenización de los datos, establecer relaciones entre tablas o bases de datos y realizar análisis mientras que se entrega resultados en formato gráfico.

4.5.13. Las aplicaciones móviles

Las primeras aplicaciones nos permitieron utilizar algunas funciones de ayuda práctica como calculadoras, calendarios y listas de amigos, pero es con el advenimiento de las tecnologías WAP (*Wireless Application Protocol*), que permitieron la conexión a internet desde un teléfono móvil, que se abrieron todas las posibilidades de las que se goza hoy. Por otro lado, la tecnología EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*) hizo lo propio para la transmisión de datos y para servir como puente entre las tecnologías 2G y 3G que hicieron posible la integración de archivos multimedia (Agrawal, 2011).

La aparición del sistema operativo Android desarrollado inicialmente por Android Inc. y luego adquirido por Google, dio paso a que otros fabricantes de teléfonos móviles genéricos (copias del iPhone) se apoyaran en él para desarrollar el mercado del hoy llamado teléfono Inteligente o *SmartPhone*, un aparato que se ha convertido en el aditamento imprescindible para organizar y administrar las actividades diarias de la gran mayoría de las personas en este principio de siglo mediante una aplicación móvil para cada necesidad.

La compañía Apple introduce luego en el mercado un nuevo dispositivo conceptual: la Tablet. Este dispositivo que se encuentra ubicado entre la *Laptop* y el *Smartphone* utiliza también las tecnologías móviles para recepción y transmisión de datos, así como de archivos multimedia y que también está habilitado para hacer funcionar aplicaciones móviles.

4.5.14. GSM

El *Global System for Mobile communications* o GSM Es una norma que da origen a las nuevas tecnologías de transmisión de datos más allá de la voz en forma analógica. Es un sistema que sirve no solo para la transmisión de voz, sino también para transmisión / recepción de datos en formato digital. Aún hoy es el estándar más utilizado y fue el que dio paso al llamado 2G (*Second Generation*) de telefonía móvil.

Debido a sus limitaciones, al crecimiento exponencial de los usuarios y a los requerimientos cada vez más elevados para la transmisión / recepción de datos, está siendo reemplazado paulatinamente por el estándar UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) que ha dado paso a las tecnologías 3G y 4G actualmente en uso en la mayoría de los países del mundo (Agrawal, 2011).

4.5.15. Cloud Computing o los servicios en la nube

Cloud Computing es un paradigma en evolución. De acuerdo con la definición del National Institute of Standards and Technology, NIST, es un:

Modelo para hacer accesible en todo momento, en todo lugar y bajo demanda a los servicios de una red que ofrece un conjunto de recursos informáticos; por ejemplo: redes, servidores, espacios de almacenamiento, aplicaciones y servicios, que se pueden acceder y usar rápidamente y con un mínimo esfuerzo de gestión o de interacción con un proveedor de servicios. (Mell, 2011, pág. 6)

Los servicios *Web* que proveen las empresas en la nube son principalmente el almacenamiento de datos en un medio físico remoto (servidor), alojamiento de aplicaciones, procesamiento de datos y copias de seguridad (*backup*), aunque

ya están disponibles muchos otros como herramientas de desarrollo, herramientas de administración y control de datos, análisis, Internet de las Cosas (IoT) y otros.

Esos servicios son parte de un sistema integrado en una red de centrales de servidores multiconectados a través de internet. Amazon Web Services (AWS), Google Cloud, Microsoft Azure, Dell EMC y muchas otras son algunos de los proveedores de esos servicios mediante un menú de contratos que cubre casi cada una de las necesidades de gestión de datos e información que necesitaría una empresa sin importar su tamaño.

El principal argumento para motivar el traslado del almacenamiento de los datos y las operaciones informáticas del servidor propio de la empresa (muy cerca de los propietarios) a uno remoto (en donde no se tiene la certeza sobre su ubicación física), es el importante ahorro que se logra en cuanto a las inversiones por adquisición de infraestructura y su reposición periódica. En la nube es suficiente con la firma de un contrato (con precios cada vez más razonables) y se usa, se hace crecer o disminuir sus capacidades según se requiera con unas pocas pulsaciones del ratón en una página Web, con una llamada telefónica o un mensaje de email al departamento de servicio al cliente.

4.6. Marco administrativo: la gestión de la información

Conocemos como el marco administrativo en la gestión de información a los conceptos y paradigmas que intervienen y dan sentido a la cultura de gestión de negocios basados en la información. Entre ellos y para los objetivos del presente proyecto, se mencionan algunos a continuación.

4.6.1. La gestión del conocimiento

La gestión del conocimiento siempre hizo la diferencia, tanto entre las naciones, como entre las personas que se desarrollan de las que se quedan al margen y aunque eso siempre ha sido cierto, hoy lo es más. El conocimiento está cada vez más vinculado con la capacidad de competir (y de vencer) en un mundo global en donde cada vez se hace más visible que quien posee la información (el conocimiento), posee el poder (Hobbes, 1980). En el ámbito del conocimiento, el modelo económico actual ha convertido la información en un activo y le da el tratamiento de una mercancía.

Una paradoja del siglo XXI es que debido el acceso a poderosos recursos de comunicación y de transferencia de conocimiento, este es abundante pero su uso es escaso, justamente cuando se esperaría que debiéramos estar presenciando el final de la era industrial para iniciar la era del conocimiento.

El empleo del conocimiento en la toma de decisiones es crucial para hacer el mejor uso de los recursos y obtener los más altos rendimientos posibles, ya que aprovecha la experiencia ganada y sirve de apoyo a los tomadores de decisiones a llevar al mínimo las pérdidas y a aprovechar al máximo las oportunidades.

La gestión del conocimiento en una empresa se puede definir como “La coordinación sistemática y deliberada entre el personal de una empresa, la tecnología, los procesos y la funcionalidad de la estructura administrativa que agregue valor a la producción en función del reúso y la innovación” (Kimiz, 2005, p. 3).

4.6.2. El análisis de los datos

Una definición del concepto de gestión reza: “consiste en modificar una situación actual en una situación futura deseada. Se requiere conocer el estado actual y las coordenadas de la situación futura” (Vivar López, 2009, pág. VI). Los datos crudos sin un trabajo de análisis no significan prácticamente nada. El análisis por su parte, para que su realización signifique algo, debe de partir de la seguridad de que los datos crudos han sido depurados previamente, pues si la materia prima no es de buena calidad, igual serán los resultados.

4.6.3. Los indicadores clave de desempeño

“Son datos o conjunto de datos que ayudan a medir objetivamente la evolución de un proceso o una actividad. Los indicadores nacen a partir de la definición de las variables críticas para cada objeto” (Vivar López, 2009, pág. 11).

Los indicadores de resultados dan información del pasado, resultados que ya no pueden cambiarse. Por otro lado, están los Indicadores de desempeño, estos están escritos en presente, nos informan cómo se están haciendo las cosas hoy y cómo pueden medirse día a día para hacer las correcciones que sean necesarias. Estos son los indicadores que sirven a los gestores del negocio para tomar las decisiones a tiempo, porque aún hoy es cierta la sentencia de que una mala decisión a tiempo vale más que una buena decisión a destiempo.

4.6.4. La estrategia de gestión de datos

Los datos son un activo de la empresa. A partir de este concepto, una empresa con intenciones de crecimiento y expansión deberá apropiarlos e invertir en ellos.

Crear una estrategia no es un fin en sí mismo, es una forma de generar conocimiento para la toma de decisiones sin perder de vista que todo ese esfuerzo está orientado a un objetivo único: alcanzar la sostenibilidad y el crecimiento de la empresa.

El trabajo de creación e implementación de una estrategia de gestión de datos requiere de tareas de bajo nivel (fomento de actitudes positivas) y otras de alto nivel (inversiones). Entre las primeras están las que suavizan los contornos entre funciones propias de una empresa que constantemente están en desacuerdo como el largo plazo contra el corto plazo.

Por su lado, las políticas vienen de arriba hacia abajo o de abajo hacia arriba, por lo tanto, seguir estándares o favorecer la agilidad, respetar el orden o dar más libertades, entre otros, todo ello va relacionado con una estrategia de BI (*Business Intelligence*), la que se enfoca en el crecimiento de la empresa y en la satisfacción del cliente. Entre las segundas están la contratación, capacitación y retención del mejor capital humano posible, así como la actualización permanente del *hardware* y *software* de más altas prestaciones que la caja de la empresa pueda comprar.

El objetivo de una estrategia de mejoramiento de los indicadores de desempeño de la empresa es llevar la gestión de datos hacia un modelo estable o maduro, es decir aquel que pasa del “piensa localmente, pero resiste globalmente” al “planea globalmente, pero actúa localmente” (Eckerson, 2011, pág. 15).

4.6.5. La experiencia del usuario

La experiencia del usuario (UX por *User eXperience*) es una práctica que va de la mano de la interfaz gráfica del usuario (GUI). El principio fundamental para lograr los objetivos de la buena experiencia del usuario en una aplicación o en una página Web, es cumplir con la siguiente ecuación:

Buena experiencia del usuario = diseño + contenido + funcionalidad

En un principio y como consecuencia de las limitaciones de las tecnologías disponibles en ese tiempo, el uso de herramientas informáticas resultaba en una experiencia a veces frustrante por la complejidad de su operación. De ese fenómeno nace el término *user friendly* o rediseño para hacerlo amigable al usuario, ya que después de todo, los productos y los servicios tienen un objetivo de negocio claro: la satisfacción del cliente. Un cliente insatisfecho seguramente se moverá hacia otro proveedor que probablemente no ofrezca una herramienta más completa, pero si su uso y experiencia es menos dificultosa de entender y operar será al final el seleccionado.

El diseño de una aplicación probablemente tenga pocas opciones para hacer uso extensivo de técnicas de mejor experiencia del usuario, sin embargo, la consulta con el cliente, así como la consideración de la filosofía del usuario como el centro del diseño (*User Centered Design*, UCD), será siempre una fuente de información valiosa que ayudará al desarrollador a mejorar el producto y con ello a motivar a más usuarios a comprar o utilizarlo (Wilson, 2010).

5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presenta en forma resumida los aportes entregados por el prototipo de la aplicación Ambiente y Café, en términos de identificación de fortalezas y debilidades del sistema de gestión ambiental de los beneficios húmedos de café, que devuelve a los caficultores, en el acto y mediante los mismos dispositivos electrónicos desde donde rindieron los datos básicos de sus operaciones, información estratégica útil, pertinente, depurada, procesada y entregada en tiempo real, cuyo detalle está disponible también en base de datos para uso del administrador, idealmente para el presente caso la entidad gremial Anacafé y de los mismos caficultores a partir de solicitudes de informes.

Cuando la aplicación se hubiera integrado a los sistemas de gestión de datos de Anacafé, todos los registros serán entregados en sus propios servidores, para que sus técnicos cuenten con información actualizada que les permita dar seguimiento a los planes y políticas de asistencia al caficultor. De la misma manera, podrán tener acceso a ella, mediante convenios de cooperación, investigadores, académicos o instituciones de cooperación y certificadoras de calidad, para darle soporte a sus proyectos de desarrollo.

5.1. Arquitectura del prototipo de la aplicación Ambiente y Café

Después de evaluar el tipo de información que se requiere acopiar del usuario, de las prestaciones que se solicitaría a los periféricos de los dispositivos móviles, además de analizar las características de las opciones disponibles para desarrollar una aplicación móvil (web, nativa, híbrida o web progresiva), se optó

por una aplicación web SPA, que a su vez se adapta a las distintas formas y tamaños de los dispositivos en forma automática, por su condición dinámica.

5.1.1. Flujograma de la funcionalidad del prototipo de la aplicación web SPA Ambiente y Café

El flujo de información en el sistema de gestión de datos transcurre siguiendo el siguiente esquema:

El proponente del estudio publica, mediante la organización de caficultores Anacafé, un vínculo con el que los usuarios pueden acceder al prototipo. La aplicación no se publica aún en ninguna de las tiendas o puntos de adquisición de aplicaciones, pues la herramienta se encuentra aún en fase de prototipo.

El usuario accede al prototipo mediante una IP que se le proporciona y una vez habilitada, efectúa mediante sus pantallas el proceso de carga de datos básicos de producción de su beneficio húmedo de café. La aplicación no se cierra, de tal forma que le permite el tiempo suficiente para localizar en sus archivos los datos que le son requeridos. Por el tiempo que el prototipo se encuentre en evaluación, la IP para acceder al sistema es:

45.77.149.60

Al llenarse el último de los datos del cuestionario, el prototipo empaqueta la información y la envía mediante internet a su almacenamiento en base de datos al servidor, en este caso localizado en la nube posteriormente será en un servidor propio de Anacafé.

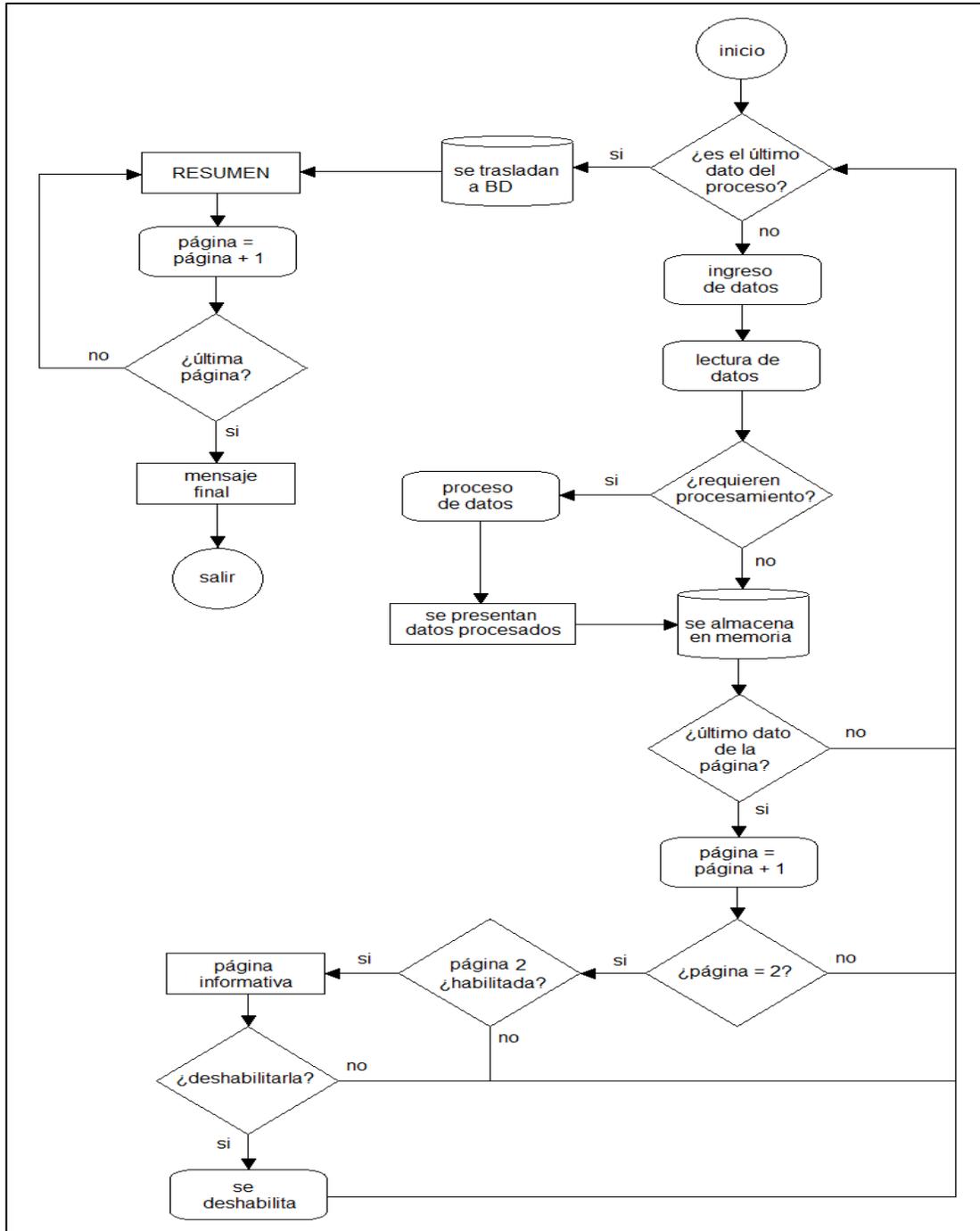
Para finalizar, la aplicación entrega al usuario en cuatro páginas del prototipo, un resumen de los parámetros consolidados, indicadores de

desempeño y etiquetas de calidad, que ya fueron mostrados previamente en cada una de las páginas de colecta de datos, pero que esta vez se presentan en forma resumida, terminando con una calificación global de la evaluación del beneficio.

Posteriormente, es posible descargar el contenido desde base de datos en un formato apropiado para análisis como una hoja en MS Excel. Esa herramienta puede abarcar desde la tabla completa, hasta varias parciales en las que se seleccionan desde la aplicación los campos a descargar. Con la tabla descargada es posible efectuar el análisis sobre la información clasificada por unidad productiva, por región productora, así como del consolidado del universo; además se pueden hacer resúmenes por elemento ambiental, por indicador, por fecha, en general por cada criterio que sea necesario.

La secuencia del proceso se muestra en forma esquematizada en el diagrama de flujo de la figura 1.

Figura 1. Diagrama de flujo de la aplicación Ambiente y Café

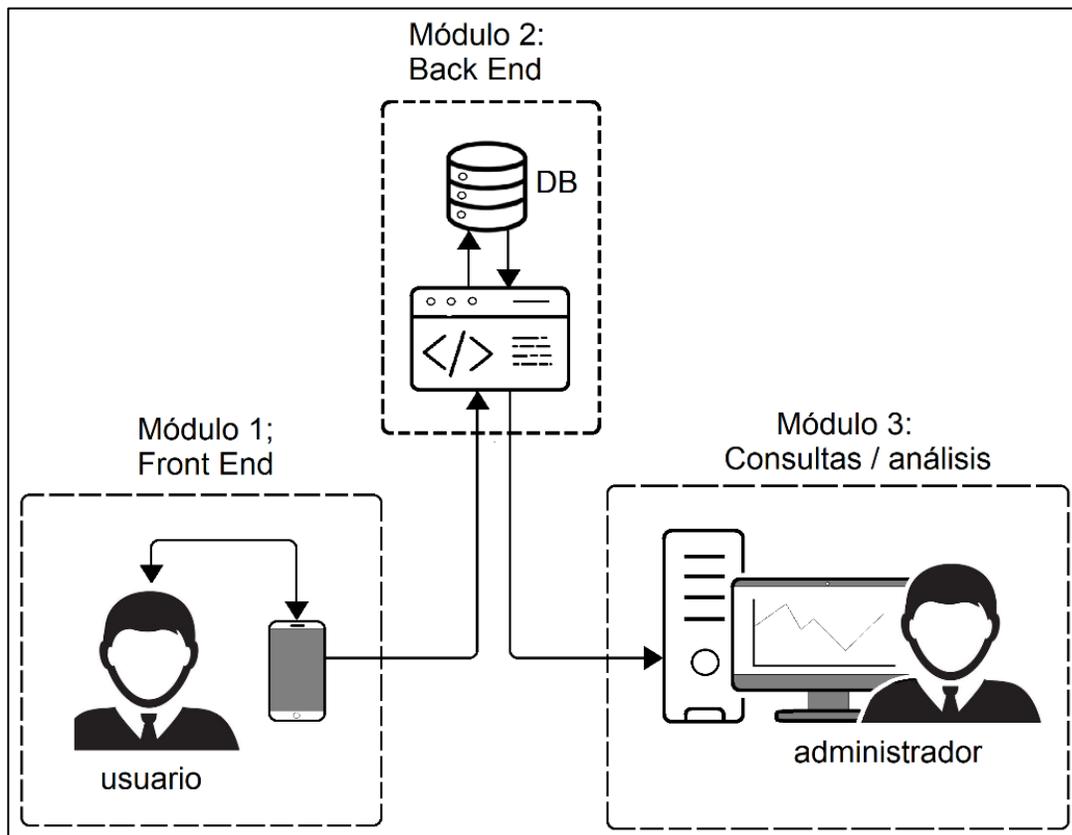


Fuente: elaboración propia empleando MS Word.

5.1.2. Esquema funcional del prototipo de la aplicación web SPA Ambiente y Café

El esquema funcional del prototipo de la aplicación web Ambiente y Café, consta de tres módulos tal como se presenta en la figura 2.

Figura 2. Esquema de la arquitectura la aplicación Ambiente y Café



Fuente: elaboración propia.

5.1.2.1. Módulo 1: la aplicación en el *Front End*

Este es el primero de los tres módulos en que consiste el sistema de gestión de datos, el que permite caracterizar las actividades de un beneficio húmedo de café en función del uso que se le da a los recursos naturales. La aplicación en este caso se encuentra ubicada en el *Front End*, es decir del lado del usuario y para su desarrollo se utilizó como marco de referencia el protocolo de evaluación ambiental para un DABI, instrumento establecido por la normativa ambiental del MARN para este caso, además de considerar las normas técnicas y ambientales de tipo general que le aplican.

La materia prima de la aplicación son las variables de producción ingresadas por el caficultor en las pantallas de colecta de datos, más las que genera la propia aplicación. De estos datos se producen indicadores de desempeño (calificadores cuantitativos) e indicadores de calidad (calificadores cualitativos), a partir de los cuales se evalúa el proceso productivo. Las etiquetas generadas en cada una de las etapas del beneficiado húmedo de café le otorgan una calificación de calidad, las que al final se integran en una nota final de desempeño.

5.1.2.2. Módulo 2: la aplicación en el *Back End*

El segundo módulo, consiste en un subsistema compuesto por tres elementos: a) El servidor; b) la base de datos y c) la aplicación en el *Back End*. Cuando la colecta de información desde la aplicación en el *Front End* cierra un ciclo, esta empaqueta la información y la envía a base de datos en el servidor, misma que devuelve al administrador la información requerida mediante consultas.

5.1.2.3. Módulo 3: la descarga de datos desde base de datos para su análisis

La información ya almacenada en base de datos puede consultarse desde la terminal del administrador, utilizando la misma aplicación del *Back End*. Los requerimientos podrán hacerse mediante consultas específicas (*queries*) utilizando el lenguaje SQL de MySQL o bien, como se hará en el presente trabajo, seleccionando los campos de interés y cargándolos en una hoja electrónica mediante una API, que para el presente caso será una hoja de MS Excel, desde la cual se realizará el análisis de los datos y la entrega de resultados de la evaluación.

5.1.3. Componentes utilizados en el desarrollo del prototipo de la aplicación Ambiente y Café

Los componentes de la arquitectura del prototipo de la aplicación Ambiente y Café son todos los ecosistemas, las plataformas y herramientas de desarrollo y gestión que se seleccionaron para cumplir con las funciones definidas en el diagrama de flujo de la figura 1, el esquema funcional del prototipo de la aplicación de la figura 2 y del detalle de funciones contenidos en la tabla AII del Apéndice 3.

5.1.3.1. El IDE

Para la construcción del prototipo de la aplicación web SPA Ambiente y Café, se utilizó Visual Studio Code como entorno de desarrollo (IDE).

5.1.3.2. El *framework* en el *Front End*

El *framework* de desarrollo usado en el *Front End* fue Angular versión 9.0.5 que integra herramientas de construcción y presentación: HTML y CSS, mientras que el lenguaje de programación será TypeScript / JavaScript.

5.1.3.3. Lenguaje de programación en el *Back End*

Para desarrollar la aplicación a nivel del servidor en el *Back End*, se utilizó PHP en su versión 7.4.3 y como *framework* para el *Back End* se utilizó FuelPHP.

5.1.3.4. El servidor Web

Para el almacenamiento de las variables, parámetros consolidados e indicadores de desempeño generados por el usuario mediante la aplicación, se contrató un espacio en un servidor virtual (*Cloud Computing*) con el proveedor Vultr.com, del cual se seleccionó uno ubicado físicamente en el estado de New Jersey, Estados Unidos de América, el que ofrece el servicio a 64 bits y 10 GB de capacidad de almacenamiento, utilizando el sistema operativo Centris. Como software para la aplicación de servidor web, se usó Apache HTTP Server versión 2.4.41

5.1.3.5. La base de datos (DB) y el sistema de gestión de bases de datos (RDBMS)

Dado que el tipo de datos que se gestionará en el sistema son básicamente variables numéricas y alfanuméricas, las cuales son susceptibles de ser ordenadas bajo uno o varios criterios (indexación), se utilizó una base de datos relacional, gestionada mediante MySQL versión 8.0.19 como RDBMS.

5.1.3.6. Los API

En el prototipo se usó por lo menos dos API para realizar tareas específicas:

- `getReportSheet`, para cargar el reporte de resultados en una tabla.
- `setCoffeeForm`, para guardar en base de datos la información que se ingresó desde las páginas de la Aplicación Web.

5.2. Presentación de resultados de la operación del prototipo de la aplicación ambiente y café

Los resultados obtenidos del uso del prototipo de la aplicación Ambiente y Café tienen dos vertientes: una que muestra la efectividad y eficiencia de la aplicación propiamente y la otra que presenta los resultados de la caracterización de los beneficios húmedos de café a partir de sus variables de operación. Los primeros se detallan en los apartados que siguen y los resultados de los segundos se muestran en el Apéndice 4.

5.2.1. Operatividad del prototipo de la aplicación Ambiente y Café

La operatividad de la aplicación se validó con los equipos técnicos de Anacafé, quienes verificaron la congruencia entre los datos presentados en tiempo real en los dispositivos desde donde se generó la información y la operación correcta sobre los parámetros de referencia y sobre las operaciones que generaron indicadores de desempeño y etiquetas de calidad, tal y como se presenta en detalle en el apéndice 3.

5.2.1.1. Extracción y procesamiento de datos

La forma de obtener información del desempeño de un beneficio húmedo de café en casi todos los casos de las fincas estudiadas no ha cambiado mucho en los últimos cien años. Ese procedimiento consiste aún hoy día en registrar, mediante anotaciones a mano y en papel, algunos de los parámetros (muchos no se registran y algunos incluso no se llegan a visibilizar) que caracterizan al proceso del beneficiado, para operarlos también a mano y trasladarlos a libros y en el mejor de los casos a hojas electrónicas.

La información queda entonces dispersa en libros, planillas de pago, recibos de pago de impuestos, facturas por compra de combustibles e insumos o por servicios como agua y electricidad, todos los cuales contienen información valiosa, pero cuya administración resulta lenta, inexacta y de trámite engorroso.

Con el uso de la aplicación Ambiente y Café, la eficiencia en la colecta de datos depende únicamente de la disponibilidad de estos en los registros de la finca, ya que por lo demás resulta un proceso rápido y eficiente, pues la digitalización es inmediata ya que ocurre en tiempo real y desde un dispositivo móvil conectado a internet, lo que hace que la transmisión de datos ocurra a la velocidad del proveedor del servicio de carga de datos.

El primer trabajo de procesamiento ocurre en el mismo dispositivo, utilizando su memoria interna y los algoritmos de la aplicación. La extracción de datos consolidados ocurre después en una operación desde el lado del administrador mediante solicitudes a base de datos, lo que ocurre casi inmediatamente.

Para el presente caso, cuando la aplicación se encuentra aún en modo de prototipo, el análisis lleva algún tiempo, pues debe primero descargarse desde la tabla a hojas de MS Excel, para luego hacer el análisis con las herramientas propias de esta aplicación o de otras que tengan esas capacidades. Cuando la aplicación sea funcional desde los servidores de ANACAFE, los resultados más comúnmente usados se obtendrán mediante consultas predeterminadas o consultas específicas desde el lado del administrador.

5.2.1.2. Presentación de indicadores

Los indicadores generados por la aplicación cubren dos funciones, los indicadores de desempeño propiamente, generados mediante operaciones sobre cifras numéricas (información cuantitativa) que sirven para verificar los progresos (o los retrocesos) en cuanto a los resultados de las prácticas operativas del beneficio, y las etiquetas de calidad (información cualitativa), que no son otra cosa que indicadores de calidad de los indicadores de desempeño, estas muestran de una manera gráfica el nivel de calidad de esas prácticas operativas siguiendo el patrón de los colores del semáforo. A continuación, se describen las características de ambas.

Tabla I. Funciones para identificación de etiquetas de calidad

Valores X y Etiquetas de color

Color verde

Color amarillo

Color rojo

| Calidad del elemento | Variable | Condición | Valor | Condición | Valor | Condición | Valor |
|---|----------|------------------------------------|-------|------------------------|-------|-------------------------|-------|
| Rendimiento del agua | X1 | si $C1 \leq 100$ | 0.15 | si $300 < C1 \leq 500$ | 0.05 | si $500 < C1 \leq 1000$ | 0.02 |
| Rendimiento del agua | X1 | si $100 < C1 \leq 300$ | 0.10 | | | si $C1 > 1000$ | 0.00 |
| Por la fuente del agua | X2 | si $A8 > 0$ y si es el valor mayor | 0.05 | si $A9 > 0$ | 0.04 | si $A10 > 0$ | 0.00 |
| Por recirculación del agua | X3 | si $A13 > 0$ | 0.15 | | | si $A13 = 0$ | 0.00 |
| Fuente de los datos del agua | X4 | si $A14 > 0$ | 0.15 | | | si $A14 = 0$ | 0.00 |
| Por disposición de aguas mieles | X5 | si $A15 = 1$ | 0.30 | | | si $A15 = 0$ | 0.00 |
| Por disposición de la pulpa | X6 | si $A16 = 2$ | 0.10 | si $A16 = 1$ | 0.05 | si $A16 = 0$ | 0.00 |
| Por generación de empleo | X7 | si $A17 > 0$ | 0.05 | | | si $A17 = 0$ | 0.00 |
| Por tratamiento de aguas residuales domiciliarias | X8 | si $A18 = 1$ | 0.05 | si $A19 = 1$ | 0.01 | si $A18 = 0$ | 0.00 |
| Por disposición final de desechos sólidos domiciliarios | X9 | si $A19 = 2$ | 0.05 | | | si $A19 = 0$ | 0.00 |
| Por el uso de electricidad | X10 | si $A22 > 0$ | 0.02 | | | si $A22 = 0$ | 0.00 |
| Por el uso de combustibles fósiles | X11 | si $A23 = 0$ | 0.00 | | | si $A23 > 0$ | 0.00 |
| Por el uso de leña | X12 | si $A24 > 0$ | 0.02 | | | si $A24 = 0$ | 0.00 |
| Por consumo de cascabillo de café | X13 | si $A25 > 0$ | 0.01 | | | si $A25 = 0$ | 0.00 |

Fuente: elaboración propia.

- Indicador de desempeño del rendimiento del agua

Para establecer el mejor rendimiento del agua en un beneficio húmedo se usó como referencia los valores establecidos en la tabla II, la cual se construyó a partir de varios criterios, algunos establecidos en los protocolos de los certificadores de calidad (Rainforest Alliance / UTZ) y otros por los criterios técnicos de uso en Anacafé. A este indicador se le ha adjudicado un nivel de incidencia sobre la calificación total de 15/100 y está relacionado con una etiqueta de calidad, también establecida en la tabla AII del Apéndice 3.

Criterios para la caracterización por eficiencia en el uso del agua

Tabla II. **Criterios para la caracterización por eficiencia en el uso del agua**

| Uso de agua del afluente | Consumo mínimo | Consumo Máximo | Etiqueta de calidad | |
|--|----------------------------------|--|---------------------|--------------|
| Da el mejor uso al agua que es posible | | hasta 100 litros / qq de café cereza o 20 litros / qq de café pergamino | Eficiente | suficiente |
| Consumo bajo, pero no es óptimo | 101 litros 20 litros | 300 litros / qq de café cereza 60 litros / qq de café pergamino | Mejorado | |
| Necesita mejorar al próximo nivel | 301 litros 60 litros | 600 litros / qq de café cereza 120 litros / qq de café pergamino | Medio | promedio |
| Requiere de cambio de modelo, no es sostenible | 601 litros 120 litros | 1,000 litros / qq de café cereza 200 litros / qq de café pergamino | Ineficiente | insuficiente |
| Demasiado consumo de agua, debe hacer cambios importantes en forma urgente | desde 1,000 litros 200 litros | | Inaceptable | |

Fuente: elaboración propia.

Nota: Con el fin de simplificar la lectura e interpretación, en la aplicación se convino utilizar solo los tres colores estándar del semáforo, por lo que el color

naranja será rojo y el verde claro verde oscuro en las marcas de calidad usadas en la aplicación.

- Etiqueta de calidad por la fuente del agua

El objetivo ulterior de un beneficio húmedo de café es el de alcanzar la sostenibilidad de la operación; en términos de uso del agua se considera no solo la cantidad, sino también la calidad. Para el presente caso la calidad de la fuente de agua se establece a partir de la o las fuentes de agua de donde se aprovisiona el beneficio, entre ellas: a) Cosecha de lluvia (con la mejor nota); b) las aguas de nacimientos (la segunda mejor nota); c) Los cuerpos superficiales como ríos o lagos (con una nota intermedia); d) las aguas subterránea extraída por medio de bombas que usan energía (nota baja) y finalmente e) de una red de agua municipal o privada (con la nota más baja, pues en este caso el beneficio entra en competencia directa con el uso para consumo humano). Esta etiqueta de calidad genera un valor máximo de incidencia total de 5 /100.

- Indicador de desempeño: número de veces que se recircula el agua

Quienes practican la recirculación de agua, generan automáticamente una etiqueta de calidad positiva (etiqueta verde) y una nota de incidencia de 15/100 sobre la calificación total. El indicador de desempeño muestra las veces que se reusa el agua del afluente, la que está normalmente entre un valor de 2 y de 3.

- Etiqueta de calidad por el tipo de información del agua utilizada

El agua resulta ser el insumo más importante del proceso; sin agua la limpieza del café sería imposible, esto a pesar de que en las últimas décadas se han desarrollado lavadoras con bajos niveles de agua y algunos que se promocionan como lavadoras en seco; sin embargo, hay otros usos que tiene el agua que la hace insustituible; es por ello que el volumen del agua que se usa resulta de suyo muy importante, pues para afinar los datos no es suficiente hacer estimaciones, sino medirla con aparatos y realizar lecturas regulares. Este es un indicador cualitativo y para quienes han implementado el uso de contadores (caudalímetros), la aplicación les entrega una etiqueta de calidad óptima (verde) y un valor de incidencia de 5 /100.

- Etiqueta de calidad por la disposición final de las aguas mieles

Las aguas mieles o aguas residuales del beneficio húmedo de café, son las que producen los mayores impactos sobre los cuerpos de agua, de aquí la importancia de esta etiqueta de calidad. Si las aguas mieles reciben un tratamiento primario y se acondicionan para luego utilizarlas como riego fertilizado (fertirriego) en los mismos cafetales o en árboles, genera el nivel más alto de calidad en cuanto a su disposición final, es decir una etiqueta verde y un valor de incidencia de 35 /100 (el valor más alto de calidad del beneficio).

- Etiqueta de calidad por la disposición final de la pulpa del café

En el pasado la pulpa de café fue un subproducto de los beneficios que causaron muchos daños a la vida en los cuerpos de agua; sin embargo, después de que se implementó la política ambiental para el sector café y se llevó adelante el programa de asistencia post cosecha en Anacafé, la pulpa pasó de ser un problema por convertirse en un activo, pues casi en la mayoría de los beneficios se reusa como fertilizante orgánico. En este caso se le otorga una nota

intermedia, pero si además se practica la transformación por lombricultura, se le otorga la nota máxima de valor de incidencia de 10 /100 y una etiqueta color verde.

- Indicador de desempeño del rendimiento de la mano de obra y calificador de calidad por generación de empleo

Este indicador es el único que tiene un significado social en la evaluación, ya que la generación de empleo acerca los beneficios de la actividad económica a la población. Por el hecho de dar empleo a un número de personas para la operación del beneficio durante la cosecha y a otras para los trabajos de reparación y mantenimiento en el período fuera de cosecha, el sistema le adjudica un valor de calidad óptimo (color verde) y un valor de incidencia de 5/100.

- Indicador de desempeño del rendimiento del café

Se entiende por rendimiento del café el cociente que resulta de dividir el total del peso en quintales del café cereza que ingresa al beneficio, entre el total en quintales del café pergamino que resultan al final del proceso de beneficiado. En promedio esa cifra gira alrededor de un valor de 5 y la generación del indicador muestra la eficiencia del proceso de beneficiado al relacionarlo con el valor de referencia de 5. Este indicador no genera ninguna etiqueta de calidad, ni ningún valor de incidencia en el total, pues es solo un valor de control.

- Etiqueta de calidad por la disposición final de los desechos sólidos domiciliarios

Idealmente todas las actividades industriales o domésticas debieran gestionar apropiadamente sus desechos sólidos. Si en el beneficio se colectan, clasifican y separan los desechos para reusarlos y/o reciclarlos, se obtiene la máxima puntuación de calidad de 5 /100 y una etiqueta verde, mientras que, si no lo hacen y lo entregan sin clasificación al tren de aseo municipal, generan una nota mínima y si los disponen dentro de la finca no generan ninguna nota de calidad.

- Indicadores de rendimiento de las fuentes de energía

El proceso de beneficiado del café requiere importantes volúmenes de energía y en general se usan por lo menos cuatro fuentes: energía eléctrica, energía mecánica que usa combustibles derivados del petróleo, leña y cascabillo de café que generalmente se usan en el secado artificial como en las secadoras del tipo Guardiola. Cada uno de ellos genera un valor de calidad, con excepción de los combustibles fósiles que no generan ninguno. El valor de incidencia total para este renglón es de 5/100.

Al final del proceso se suman todos los valores de calidad de incidencia individuales con los que se genera uno general que en condiciones ideales sumaría una nota de 100/100.

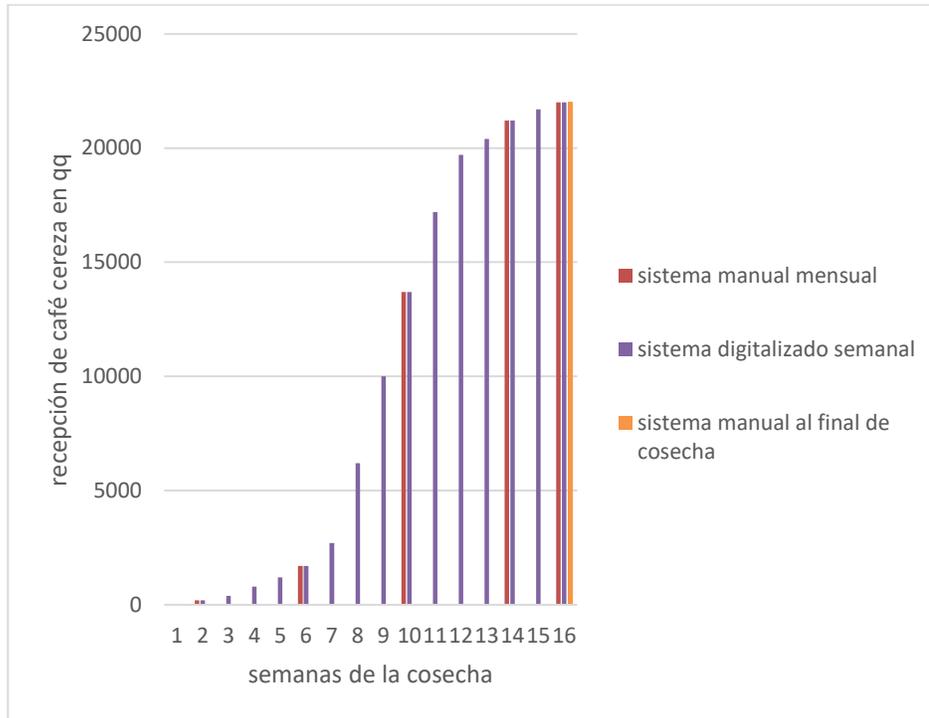
5.2.1.3. Los tiempos para la disponibilidad de datos e indicadores de desempeño (monitoreo de la actividad)

Muy pocos de los parámetros que se registran en el modelo actual de gestión de datos (en papel y a mano), son útiles para conocer los niveles de eficiencia de las distintas etapas del proceso productivo y casi ninguno atiende el tema ambiental y el social, lo que las hace de poca utilidad para identificar las áreas que requieren atención en función de los requerimientos de las certificadoras de calidad y del gobierno a través del MARN en lo que toca al cumplimiento de las normas técnicas o legales que les aplican.

Para ilustrar lo anterior resulta útil revisar el comportamiento de la gestión de datos del ingreso del café cereza al beneficio como un ejemplo ilustrativo. Se sabe que en promedio la cosecha de café inicia a mediados de noviembre y finaliza a mediados de marzo de cada año, haciendo un total de 4 meses o 120 días. Eso significa que algunos resultados del monitoreo se obtienen solo al final de cada mes o en el más común de los casos hasta el final de la cosecha. Por otro lado, ninguno de esos datos llega a la entidad gremial Anacafé en forma directa, si no es mediante los reportes de inspección que se realizan esporádicamente a través de las visitas de los técnicos post cosecha a la finca.

Con la utilización del sistema de gestión de datos del que es parte el prototipo de la aplicación Ambiente y Café, se garantiza la disponibilidad inmediata, tanto de parámetros de calidad como de indicadores de desempeño de los temas más relevantes del proceso productivo de los beneficios húmedos de café que la utilicen, devolviendo al caficultor en tiempo real la información que le sirve para gestionar su unidad productiva de una manera eficaz y eficiente, al mismo tiempo que pondrá, cuando el prototipo haya sido convertido en una aplicación y esté integrada a los sistemas administrativos de Anacafé, a su disposición toda esa información para enriquecer sus propios registros.

Figura 3. **Diferencias en la disponibilidad de información de monitoreo**



Fuente: elaboración propia.

Como puede verse en la gráfica de la figura 3, utilizando como medio de control el monitoreo de los ingresos de café cereza en el recibidero, si este se realiza usando la aplicación Ambiente y Café, es posible conocer resultados al final de cada semana (líneas moradas) o diario si fuera necesario, mientras que haciéndolo a mano, habrá que esperar hasta contar con los consolidados al final de cada mes (líneas rojas) o al final de la cosecha (línea naranja) para obtener al final el mismo resultado global.

Las ventajas del sistema digitalizado no se reducen solamente al tiempo en el que se tienen disponibles los indicadores, también se refleja en los costos operativos, pues utilizando la aplicación pueden obtenerse todos los parámetros en una misma operación con la intervención de solamente un trabajador

operativo, mientras que con el sistema manual intervienen muchas más personas que elevan proporcionalmente los costos de la planilla.

Esa información que está disponible para el productor desde su mismo teléfono inteligente, su tablet o su laptop, también está disponible en el mismo instante en la base de datos, que en principio será una provisional para efectos del presente estudio, pero que luego se trasladará a la del servidor institucional de ANACAFE, desde los que pueden realizarse informes anuales, mensuales, semanales o diarios si fuera necesario, a partir de los datos consolidados de todas las regiones productoras del país.

5.2.2. La generación de alertas en función de los puntos débiles de la operación

Como puede verse en la figura 4, que presenta dos de las pantallas de gestión de datos de un beneficio húmedo de café a través del prototipo de la aplicación Ambiente y Café, en el mismo acto en el que se va ingresando la información al sistema a través de la pantalla, la aplicación va generando calificadores de calidad de proceso y de buenas prácticas, así como indicadores de desempeño, que en forma inmediata y de manera gráfica, envían alertas al caficultor, con las que le advierten sobre las acciones a implementar para mejorar el desempeño de su actividad productiva.

Figura 4. **Pantallas de toma de datos y de devolución de resultados**

Ambiente y Café Guatemala

Agua del afluente

| | |
|--|----|
| Cosecha de lluvia | m3 |
| <hr/> | |
| De nacimiento | m3 |
| 1300 | |
| <hr/> | |
| Cuerpos superficiales: ríos / lagos | m3 |
| <hr/> | |
| De pozo mecánico | m3 |
| 600 | |
| <hr/> | |
| Servicio municipal / Proveedor privado | m3 |
| <hr/> | |

Total del agua del afluente: 1900 m3

Indicador del uso del agua: 172.73 litros/qq de café cereza

- Rendimiento del agua
- Calidad por la fuente del agua

Continuar
Regresar

Ambiente y Café Guatemala

Resumen 1/4

Fecha Inicial 15/11/2019

Fecha Inicial 15/03/2020

Periodo del estudio dias 121 días

Ingreso de café

Total de café cereza 11,000.00 qq

Tasa de recirculación de agua

Recirculación de agua 2.8g veces del agua del afluente

- Rendimiento 172.73 litros /qq de café cereza

Rendimiento del agua

- Calidad por la fuente del agua
- Calidad por la medición de las aguas

Continuar

Fuente: elaboración propia.

En el ejemplo que antecede, la etiqueta que califica la calidad en la disposición final de los desechos sólidos domiciliarios, que le otorga una nota insuficiente (color amarillo), esto debido a que, si bien los desechos se entregan al tren de aseo municipal o privado tal y como lo requiere la ley, esto provoca que su disposición final se haga en un botadero fuera de norma, condición por demás inapropiada. En este caso, sin embargo, el sistema no lo valora como inapropiado (color rojo), ya que se está cumpliendo con una normativa legal, aunque los efectos sobre los cuerpos de agua sean negativos.

En la segunda página en donde se hace un resumen de los resultados de la evaluación del uso del agua dentro del beneficio, se puede ver que tanto el indicador del rendimiento del agua, como el indicador de calidad de la recirculación del agua y la de las fuentes de agua utilizadas etiquetan la actividad con una nota positiva alta (color verde), pero el calificador que mide la calidad de la información del agua tiene una condición inaceptable (color rojo). Esta nota se debe a que se están consignando datos en el sistema que no han sido medidos con aparatos, es decir que se han estimado lo que no corresponde con las mejores prácticas de gestión de información.

En resumen, uno de los resultados de la introducción de herramientas de TI a la gestión de información de un beneficio húmedo de café, es que se convierte en una fuente de retroalimentación inmediata que ayuda a identificar temas a atender.

5.2.3. Entrega de resultados consolidados de la operación de un beneficio húmedo de café en tiempo real

Conforme se ingresan los datos en las páginas del prototipo de la aplicación, se van generando calificadores de calidad (ver detalle en el Apéndice 2), cada uno de los cuales es una parte del total que representa la nota máxima, es decir un calificador de 100 / 100, el que se distribuye entre las etiquetas en función de la importancia del impacto ambiental que genera. Cuando la evaluación se finaliza, los algoritmos de la aplicación suman todos los valores de ese calificador y entregan al usuario una nota final que le da una idea de lo que ha avanzado y lo que aún le falta mejorar hasta alcanzar el ideal 100 % de eficacia y eficiencia, además de que ese resultado le apoya para convertir a su actividad económica en una sostenible.

5.2.4. La inducción al caficultor al uso de herramientas de TI

Entre los principales resultados de la aplicación de la aplicación, fue el de acercar a usuarios como los caficultores que, aunque ya hacen uso de las tecnologías de las comunicaciones mediante Internet y aplicaciones móviles con las que interactúan socialmente, pareciera que aún no descubren en esas tecnologías el valor agregado que aportan en temas como la mejora de la gestión de su negocio.

El haber puesto en sus manos una herramienta de uso sencillo y de fácil comprensión, además de muy amigable, que les permite conocer en tiempo real la situación en términos de cantidad y calidad en el uso de los recursos naturales, así como de la implementación (o falta de implementación) de buenas prácticas en la gestión de sus beneficios húmedos de café, resultó uno de los más notables resultados del ejercicio. Sin embargo, se destacan otros resultados muy específicos que terminan de justificar el proyecto y que sin duda abren el espacio para una mayor adopción de esas tecnologías en el futuro cercano, en beneficio de la industria del café.

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A la luz de los resultados expuestos en el capítulo anterior se espera, con el presente proyecto, haber abierto una brecha por la cual la industria del café en Guatemala haga uso de los recursos que tiene a su disposición, para integrarse decididamente al segundo paradigma de desarrollo de la mano del conocimiento, un conocimiento que puede generarse de manera inmediata con la ayuda de las TIC.

El segundo tema que queda expresado en los resultados del proyecto es la inmediatez. Después de la democratización de internet y del lanzamiento al mercado del primer teléfono inteligente en 2007, ya nada volvió a ser igual. La inmediatez está en todo y también puede ser un actor importante en el proceso de adaptación a las nuevas condiciones globales que le toca enfrentar a una industria como la del café, que al primer quinto del siglo XXI aún mantiene un esquema administrativo que sigue operando en el ámbito análogo.

Los datos que sirven para monitorear el proceso productivo pueden digitalizarse mediante la aplicación propuesta y enviarlos a su almacenamiento en una base de datos remota en el mismo momento en que se producen y desde allí, la tarea de realizar consultas y obtener información consolidada se encuentra a solo una pulsión de un botón.

Por razones de eficiencia en el uso del tiempo y de buenas prácticas en la experiencia del usuario, el presente estudio no llega a sustituir a un EIA; sin embargo, sus resultados si atienden con suficiencia los temas que más preocupan en cuanto a impactos ambientales, especialmente en las aguas y el

suelo. Mediante la aplicación Ambiente y Café se logran establecer indicadores del uso del agua del afluente, de calidad en la disposición final de las aguas residuales del beneficio (aguas mieles) y residenciales, así como de los desechos sólidos del beneficio (pulpa de café) y residenciales, así como de los factores de energía en la producción, a partir de los cuales es posible ubicar con precisión los puntos que requieren una atención inmediata en términos de inversión y de implementación de buenas prácticas, para conducir a la empresa hacia la ruta de la sostenibilidad.

Si fuera posible concentrar en un comentario los efectos más importantes de la integración del prototipo de la aplicación Ambiente y Café a la práctica de la operación de un beneficio húmedo de café, esta podría ser la siguiente: se convierte datos en información. La diferencia entre información y datos resulta fundamental, pues hoy solo se considera que se cuenta con datos cuando la información ha sido digitalizada; de otra forma, los libros de contabilidad, las planillas, los recibos de energía eléctrica y demás documentos de control no son sino papel.

Una de las amenazas del proyecto que de darse lo habrían hecho imposible, reside en el hecho de que cuando se solicitó datos que los caficultores consideran estratégicos, por lo tanto, sensibles, la primera reacción notoria fue la desconfianza. Esa posibilidad se solventó apropiadamente gracias a la intervención de los técnicos de Anacafé, pues la distribución de la aplicación se realizó por su medio, lo que permitió que se les extendiera a los caficultores todas las garantías de privacidad y seguridad de su información que son un estándar en la asociación.

CONCLUSIONES

1. Se implementó la aplicación Ambiente y Café en su versión de prototipo, que fue sometida a pruebas de funcionalidad antes de ser distribuida entre un grupo seleccionado de beneficios húmedos de café para su validación en la práctica. El prototipo de la aplicación fue utilizado por catorce fincas de cuatro de las ocho regiones productoras de café de Guatemala, las cuales generaron información estratégica a partir de indicadores de desempeño y etiquetas de calidad del proceso productivo de sus beneficios húmedos de café. Esa información se alojó en una tabla de una base de datos ubicada en un servidor remoto en forma provisional, pero que estará disponible para la entidad gremial de los caficultores Anacafé cuando se haya instalado la aplicación en sus propios sistemas de gestión de datos, después de la firma de un convenio de cooperación.
2. Para recolectar los datos básicos del proceso productivo de los beneficios húmedos de café y procesarlos internamente para generar indicadores de desempeño y etiquetas de calidad, se utilizó una secuencia de pantallas con un cuestionario dirigido en la aplicación, los que inmediatamente fueron procesados y cotejados contra un patrón basado en estándares de uso normal en los EIA por el MARN, de los que los caficultores y los operadores de los beneficios húmedos de café pueden obtener información estratégica a partir de la cual podrán implementar buenas prácticas y realizar inversiones para hacer sostenible su operación.
3. Los operadores de los beneficios húmedos de las fincas encuestadas recibieron retroalimentación del desempeño de su operación mediante la

aplicación Ambiente y Café, con lo que fue posible validar la funcionalidad del prototipo, pero la información recabada es aún muy pequeña para considerarla suficiente para evaluar el perfil de la industria; además, el presente trabajo solo cubre una de las cuatro actividades en las que se subdivide la industria del café. En el diseño del prototipo se cubrieron los indicadores de desempeño más importantes en la caracterización de un beneficio húmedo de café: a) indicador de eficiencia en el uso del agua (del afluente); b) indicador de los niveles de recirculación de agua (reúso de recursos); c) indicador de eficiencia de la mano de obra; d) indicador de rendimiento del café (pergamino / cereza); e) indicadores de eficiencia energética (electricidad, combustibles fósiles, leña y cascabillo), cuyos resultados se graficaron en el Apéndice 4. Además, se generaron marcas de calidad que sirven como alertas de estado: a) rendimiento del agua; b) por la fuente del agua; c) por el método de medición del agua; d) por recirculación (reúso) del agua; e) por disposición final de las aguas mieles; f) por disposición final de la pulpa del café; g) por generación de empleo; h) por disposición final de las aguas residuales domiciliarias; i) por disposición final de los desechos sólidos domiciliarios, cada uno que sirve como una expresión del nivel de sostenibilidad y de cumplimiento de la normativa ambiental y social de la actividad.

4. La construcción del prototipo de la aplicación Ambiente y Café fue posible debido a que hay suficiente normativa técnica y legal que sirve como marco de referencia; además, para la industria del café recientemente se aprobó una guía ambiental específica que facilita la uniformización de criterios y de parámetros de referencia.

RECOMENDACIONES

1. Se anima a los directivos y cuerpo técnico de Anacafé a integrar el prototipo de la aplicación Ambiente y Café a sus sistemas de gestión de datos y una vez incorporado, distribuirlo masivamente entre sus asociados para generar un banco de datos muy útil, complementando tal producto con un programa de capacitación de tal forma que el sistema se convierta en la plataforma de TI por excelencia para dar forma a un sistema de gestión de información de la operación de los beneficios húmedos de café, que esté disponible en forma depurada y actualizada en sus repositorios, a partir de la cual se puedan generar estrategias y planes de desarrollo para apoyar a sus asociados a alcanzar la sostenibilidad y de paso la rentabilidad.
2. Para los caficultores, especialmente, a los operadores de los beneficios húmedos de café se les sugiere identificar, a partir de la devolución de resultados generados desde la aplicación Ambiente y Café, (dirección de ingreso en la IP de la instancia: 45.77.149.60) los temas en donde el desempeño de su actividad productiva se encuentra débil, es decir las que se identifican con color amarillo (insuficiente) y rojo (inaceptable), para que esa información les sirva para implementar planes de mejoras en la infraestructura y en el establecimiento de mejores prácticas en la gestión de los elementos ambientales (agua, suelo, atmósfera, paisaje y riesgo), que los encaminen hacia la sostenibilidad y al cumplimiento de la normativa ambiental y social.

3. Para Anacafé: ampliar los alcances de la aplicación a la construcción y operación de los tres sistemas complementarios aplicados a la finca agroforestal, al beneficio seco y a las plantas procesadoras (tostadoras y solubilizadoras), de tal forma que se cierren todos los círculos de monitoreo del ciclo del café.
4. A los caficultores y a los técnicos de apoyo pos-cosecha de Anacafé: integrar a sus programas de operación y capacitación, el tema de la mejor gestión de sus beneficios basado en la medición de parámetros, su gestión en forma digitalizada y su análisis.
5. Al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales: que se constituya en el principal promotor de guías ambientales, que permitan hacer una evaluación ambiental y social que considere las particularidades de cada una de las industrias que operan en el país, para que sus instrumentos ambientales las reflejen y permitan una evaluación más objetiva.

REFERENCIAS

1. Agrawal, D. P. (2011). *Introduction to Wireless & Mobile Systems*. Stamford, CT USA: Carnage Learning
2. Anacafe. (20 de noviembre de 2018). *Anacafé*. Recuperado de Café y ambiente <https://www.anacafe.org/caficultura/cafeyambiente/>
3. Asamblea General de las Naciones Unidas. (16 de julio de 1972). *UN Audiovisual Library of International Law*. Recuperado de https://legal.un.org/avl/pdf/ha/dunche/dunche_s.pdf
4. Brynjolfsson, E. y. (2010). *Wired for innovation: How information Technology is reshaping the economy*. Cambridge, MA USA: The MIT Press.
5. Congreso de la República de Guatemala. (1965). *Constitución Política de la República de Guatemala*. Guatemala: Autor
6. Eckerson, W. (2011). *Creating an enterprise data strategy: managing data as a corporate asset*. USA: Beye Network
7. Gobierno de los Estados Unidos de América. (5 de agosto de 2004). *Wipo*. Recuperado de https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/treaties/es/cafta-do/trt_cafta_do.pdf

8. Guzmán Silva, V. H. (2017). *Asesoría técnica para implementar buenas prácticas agrícolas y buenas prácticas de manufactura para tres cadenas productivas*. Guatemala: MARN.
9. Hobbes, T. (1980). *El Leviatán*. México: Fondo de Cultura Económica.
10. Kimiz, D. (2005). *Knowledge management in theory and practice* . Burlington, MA USA: Elsevier Butterworth-Heinemann.
11. Luna, F. (2014). *Desarrollo web para dispositivos móviles: herramientas para diseñar y programar WebApps*. Buenos Aires: Fox Andina / DALAGA RedUsers.
12. Mansell, R. y. (1998). *Knowledge societies: information technology for sustainable development*. Oxford UK: Oxford University Press.
13. Mansell, R. y. (1998). *Knowledge societies: information technology for sustainable development*. Oxford UK: Oxford University Press.
14. Mell, P. y. (2011). *The NIST definition of Cloud Computing*. Washington, USA: US Department of Commerce.
15. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala. (12 de diciembre de 1919). *MARN*. Recuperado de <https://www.marn.gob.gt/>

16. Salomone, R. (2003). Life cycle assessment applied to coffee production: investigating environmental impacts to aid decision making for improvements at company level. *Journal of food agriculture and environment* , 295.
17. Starbucks Co. (15 de diciembre de 2017). *SCS Global Services*. Recuperado de <https://www.scsglobalservices.com/services/starbucks-cafe-practices>
18. Villalonga Gómez, C. y. (2016). Factor relacional y colaboración de Apps en la asignatura metodológica de la investigación. *Revista teórica del departamento de ciencias, Universidad de Nebrija y de Zaragoza*, 74.
19. Vivar López, X. C. (2009). *Diseño de un sistema de administración para apoyo a la gestión basado en indicadores*. (Tesis de maestría). Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
20. Wagner, Regina. (2001). *La historia del café en Guatemala*. Guatemala: Villegas Editores
21. White, B. (1996). *HTML and the art of authoring for the World Wide Web*. Stanford: Kluwer Academic Publishers.
22. Wilson, C. (2010). *User Experience re-mastered: your guide to getting the right design*. USA: Morgan Kauffmann Publishers.

APÉNDICES

Apéndice 1. Premisas observadas en el diseño del prototipo

El concepto del prototipo de la aplicación Ambiente y Café parte de cuatro principios básicos: a) pertinencia; b) funcionalidad; c) Experiencia del usuario (UX) y d) Fiabilidad. El diseño de la arquitectura del prototipo de la aplicación Ambiente y Café, debe ser congruente con los criterios de caracterización establecidos en el modelo del protocolo oficial del EIA / DABI propuesto por el MARN. Los datos solicitados por el prototipo de la aplicación Ambiente y Café, en consecuencia, se han alineado con los del protocolo (del MARN) y con la normativa ambiental vigente. El protocolo ambiental que aplica para este caso, es el de un diagnóstico ambiental de bajo impacto, DABI, de acuerdo con la clasificación que se hace de las actividades de un beneficio húmedo de café en el listado taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades. De la última versión de ese protocolo publicada por el MARN en su página web (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, 2019, pág. 1), se listan a continuación los temas sobre los que se solicita información al caficultor; los temas mencionados en resumen son los siguientes:

1. ELEMENTOS ABIÓTICOS

1.1 Clima

1.2 Calidad del aire

1.3 Ruido y vibraciones

1.4 Suelo

Continuación de apéndice 1

1.5 Aguas superficiales

1.6 Aguas subterráneas

2. ELEMENTOS BIÓTICOS

2.1 Flora

2.2 Fauna

3. ELEMENTOS SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES

3.1 Patrimonio natural

3.2 Patrimonio cultural

3.3 Áreas protegidas

4. ELEMENTOS ESTÉTICOS

4.1 Paisaje

5. AMENAZAS NATURALES

5.1 Inundaciones

5.2 Sequías

5.3 Huracanes

5.4 Sismos y terremotos

5.5 Incendios

5.6 Erupciones volcánicas

5.7 Deslizamientos, hundimientos y derrumbes

De los elementos ambientales, culturales, estéticos y de riesgo mostrados en el listado que antecede, la aplicación Ambiente y Café se ocupa solamente de los más relevantes, es decir los que están contenidos en el renglón de

Continuación de apéndice 1.

elementos abióticos, específicamente los relacionados con el suelo, las aguas superficiales y subterráneas (afluente y efluente) y las aguas residuales (del beneficio y domiciliarias). Esto en atención a las limitaciones impuestas en el diseño por las premisas.

Por otro lado, esa decisión está fundamentada a partir de información histórica contenida en un número importante de instrumentos ambientales de beneficios húmedos de café ya realizados y presentados ante el MARN; además, se sabe que los elementos seleccionados resultan los de mayor relevancia en cuanto a impactos ambientales, pues coincide con los registros de campo del programa de apoyo post cosecha al caficultor de Anacafé.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Mecánica de la captura de datos

El prototipo de la aplicación Ambiente y Café, parte de un cuestionario presentado en pantallas que se llenan en línea, mediante dispositivos móviles o desktops conectados a Internet (dirección de la instancia: 45.77.149.60), que cubren los siguientes temas:

Tabla AI. **Pantallas de colecta de datos y devolución de resultados**

| ID | Descripción del elemento evaluado | Acciones de proceso |
|----|-----------------------------------|---------------------|
|----|-----------------------------------|---------------------|

- 1 Identificación de la finca:** Se llena a mano el nombre de la finca Nombre de la finca y Región y se selecciona de un listado productora de café.



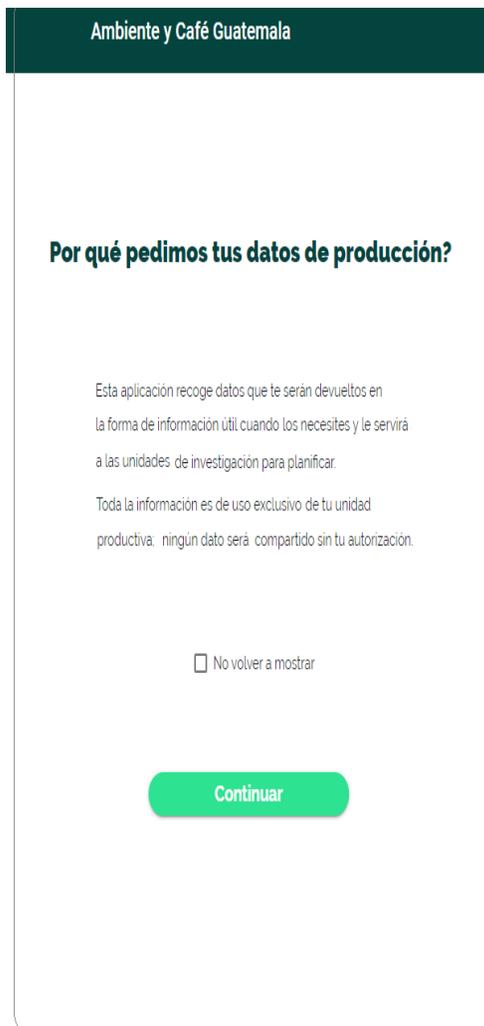
Se llena a mano el nombre de la finca productoras de café clasificadas por ANACAFE.

Cuando el prototipo se convierta en una aplicación funcional, es decir que se haya integrado a los sistemas de gestión de información de ANACAFE o de algunas de las organizaciones de cafetaleros, la identificación cambiará a una autenticación, es decir que no se ingresará el nombre, sino un código único que funcionará como una variable pública y el usuario generará una clave o *password* para ingresar.

Continuación del apéndice 2.

- 2 **Mensaje de inducción para el caficultor** (es una pantalla descartable).

En esta página se informa al caficultor del destino que se le dará a la información del proceso productivo de su beneficio húmedo de café y se le garantiza que no será compartida con terceros sin su autorización



Continuación del apéndice 2.

3. **Definición del período del estudio:** número de días que cubre el período del estudio (puede ser el total de la cosecha o bien una parte consecutiva de la misma).

El objetivo es de establecer el tiempo que dura la cosecha o un período específico de registro. Se usan dos calendarios para marcar la fecha de inicio y la fecha de finalización y el prototipo calcula por diferencia la duración en días del período del estudio.

Ambiente y Café Guatemala

Fecha de reporte

Fecha inicio de reporte
15/11/2019

Fecha fin de reporte

JUN. 2020

D L M X J V S

JUN.

| | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 28 | 29 | 30 | | | | |

Continuación del apéndice 2.

4. **Registro de los ingresos de café en cereza:** se registran los pesos en quintales de los 3 principales niveles de madurez del café ingresados al beneficio. La pantalla presenta tres espacios para declarar el ingreso de los cafés maduro, camagüa (semi maduro) y verde. Las unidades son los quintales de 100 libras y el prototipo calcula una variable que totaliza los 3 ingresos.

The screenshot shows a mobile application interface with a dark green header containing the text "Ambiente y Café Guatemala". Below the header, the title "Café cereza" is displayed. A paragraph of instructions reads: "Ingresa la cantidad de café en cereza, camagua y verde, pesados en quintales de 100 lb. y recibidos en el beneficio durante el periodo del estudio." There are three input fields, each with a label and a value: "Ingreso de café cereza maduro" with the value "10000", "Ingreso de café cereza camagua" with the value "600", and "Ingreso de café cereza verde" with the value "400". Each input field has a "qq" label to its right. Below the input fields, the text "Total de café ingresado 11000 qq" is shown. At the bottom, there are two buttons: a green "Continuar" button and a white "Regresar" button with a grey border.

Continuación del apéndice 2.

- 5 **Registro de los volúmenes de agua de afluente:** Es el agua limpia en m3 que ingresa al beneficio.



Ambiente y Café Guatemala

Agua del afluente

Cosecha de lluvia m3

De nacimiento
1300 m3

Cuerpos superficiales: ríos / lagos m3

De pozo mecánico
600 m3

Servicio municipal / Proveedor privado m3

Total del agua del afluente: 1900 m3
Indicador del uso del agua: 172.73 litros/qq de café cereza

- Rendimiento del agua
- Calidad por la fuente del agua

Continuar

Regresar

En esta pantalla se aprovecha a generar varios parámetros cualitativos y cuantitativos para evaluar buenas prácticas. Se registran los volúmenes de aguas limpias (aguas del afluente) que ingresan al beneficio, divididas en 5 tipos de fuentes. El prototipo totaliza las cinco variables de cantidad de agua y genera un primer indicador: el rendimiento del agua en litros / qq de café cereza, adicionalmente se generan dos indicadores de calidad, uno que califica al rendimiento del agua y el otro la calidad de la fuente. La calificación de calidad se realiza con marcadores de color siguiendo el código del semáforo

Continuación del apéndice 2.

- 6 **Recirculación de agua:** El volumen en m³ del agua que una vez utilizada, se concentra en una pila aguas abajo y se retorna al ingreso por medio de tuberías e impulsada por una bomba.

Se ingresa el volumen de agua que se recircula dentro del beneficio (si el volumen es cero, se entiende que no se practica la recirculación). El prototipo calcula el total de agua utilizada en el beneficiado, sumando las aguas del afluente (aguas limpias) y las de recirculación y establece otro indicador de desempeño: las veces que se recircula el agua y genera también un indicador de calidad, en este caso si recircula le asigna la nota máxima (marcador de color verde) y si no se practica la recirculación, le asigna la nota más baja (marcador de color rojo).

Otro aspecto importante que se evalúa es si el agua se mide con aparatos o solo se estima.

The screenshot shows a mobile application interface with a dark green header containing the text "Ambiente y Café Guatemala". Below the header, the title "Agua de Recirculación" is displayed in bold. The main content area includes the following text: "La mejor eficiencia en el uso del agua en nuestro beneficio húmedo se logra recirculándola." and "El nivel de reúso del agua es un indicador de nuestra eficiencia en el proceso del beneficio en húmedo." Below this, a data entry field shows "Volumen de agua recirculada en el periodo" with the value "5500" and the unit "m3". There are two radio button options: "Se usa medidor" (unselected) and "Se estima" (selected). The text "Total de agua utilizado en el beneficio 7,400.00 m3" is displayed. Below this, there are two quality indicators: "Calidad por la medición de las aguas" with a red dot and "Calidad por recirculación del agua" with a green dot. The text "Tasa de recirculación 2.9 veces" is shown. At the bottom, there are two buttons: a green "Continuar" button and a white "Regresar" button with a green border.

Continuación del apéndice 2.

7 **Volúmenes de aguas mieles.** La unidad son metros cúbicos.

El prototipo asume que el volumen de aguas mieles es igual al de las aguas del afluente (hay pérdidas, pero la diferencia es despreciable) y evalúa cualitativamente el uso final que se le da a esas aguas para asignarle una etiqueta de calidad representada por un marcador de color

The screenshot shows a mobile application interface with a dark green header containing the text "Ambiente y Café Guatemala". Below the header, the title "Agua mieles" is displayed in bold. The main content area includes the text "Total de aguas mieles generadas 1900 m3". Below this, there is a prompt: "Selecciona el tipo de disposición final que reciben las aguas mieles en el beneficio". Three radio button options are listed: "Se reusa como fertirriego" (which is selected), "Se dispone en un cuerpo de agua superficial como un río o un lago", and "Se dispone en un cuerpo de agua subterráneo como un pozo". At the bottom of the form, there is a green "Continuar" button and a white "Regresar" button with a grey border.

Continuación del apéndice 2.

8 Cuantificación de los volúmenes de pulpa de café producida, calidad de la disposición final de la pulpa y mano de obra.

La pulpa de café es un subproducto del beneficio. La unidad son metros cúbicos y la mano de obra se mide en días hombre por qq de café cereza

El prototipo genera la variable del peso en quintales de la pulpa producida, calculándolo sobre el factor del 40 % del peso del total de café en cereza ingresado, lo que finalmente se convierte en pulpa.

Para establecer las etiquetas de calidad de la disposición final de la pulpa, se selecciona entre tres opciones.

Mano de obra

La mano de obra es un parámetro muy importante, pues a partir de ella se establecen los parámetros de generación de aguas residuales domiciliarias y de desechos sólidos, además que genera el indicador de eficiencia en el uso de mano de obra en el proceso de beneficiado en húmedo.

Continuación del apéndice 2.

- 9 **Aguas residuales domiciliarias, desechos sólidos domiciliarios y producción de café pergamino seco.** Para estimarlo se utiliza el parámetro recomendado por el MSPAS de 100 litros por habitante por día y se obtiene multiplicando ese valor por el número de trabajadores y por el número de días del período de estudio y dividiéndolo entre 1000 para obtener metros cúbicos.
- La unidad de las aguas residuales domiciliarias es metros cúbicos, de los desechos sólidos domiciliarios son quintales y del café pergamino: quintales.

Se teclea la cantidad de café en pergamino producida en el período del estudio en dos categorías: primera y segunda. La aplicación las suma y reserva el total, además de que genera un indicador de desempeño: el factor de reducción del café cereza a pergamino, el cual se obtiene dividiendo el peso del café en cereza entre el peso del café pergamino. El número debiera estar alrededor de 5.

Continuación del apéndice 2.

10 **Energía: eléctrica, de motores de combustión interna, por leña y cascabillo de café.**

Unidad de electricidad en kWh, de los hidrocarburos en galones, de la leña en tareas y del cascabillo en sacos.



Ambiente y Café Guatemala

Otros insumos y servicios

Los siguientes son componentes importantes en el proceso productivo y deben integrarse a los parámetros de medición

| | | |
|--------------------------------------|-------|---------|
| Electricidad | 20000 | kWh |
| Combustibles fósiles / hidrocarburos | 1200 | galones |
| Leña | 300 | tareas |
| Cascabillo de café | 500 | sacos |

Continuar

Regresar

Se ingresa la cantidad en kWh de energía eléctrica utilizada en el período del estudio, los galones de combustibles fósiles, las tareas de leña y los sacos de cascabillo de café y el prototipo genera indicadores de desempeño de energía por cada uno de esos insumos.

En la valoración de calidad se espera que ya no se usen motores de combustión interna, por lo que éstos tienen cero en valoración y se aprecia el uso de energía eléctrica, mejor si proviene de fuentes renovables y de la leña y cascabillo, que son subproductos de la misma finca.

Cuadro de toma de datos del proceso productivo de un beneficio húmedo de café.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Generación de variables, parámetros consolidados e indicadores de desempeño**

En la tabla All se muestra la misma mecánica de captura de variables, transformación de variables por operaciones, construcción de indicadores de desempeño y calificadores de calidad, que orientan a la construcción de los algoritmos del prototipo de la aplicación Ambiente y Café.

Tabla All. **Criterios para valorización de los parámetros de caracterización**

| Elemento | Descripción | Variables Colectadas / generadas | Datos calculados |
|--|---------------------------------------|--|---|
| IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD PRODUCTIVA Y EL PERÍODO DEL ESTUDIO | | | |
| Identificación de la finca | Identificación de la finca | Se digita el nombre de la finca y se selecciona la región productora de café dentro de la lista de las ocho regiones de Guatemala | A1= Nombre de la finca A2= Región productora (ambas variables alfanuméricas) |
| | Página Informativa | En esta página se informa al usuario que la información vertida tendrá un uso estrictamente confidencial. Esta página puede inhabilitarse para que no vuelva a aparecer en la siguiente visita | |
| | Determinación del período del estudio | Se declaran dos fechas: una de inicio y otra de final del período de estudio, que puede ser el total de la cosecha o bien uno o varios intermedios, pero consecutivos | A3= Fecha de inicio. A4= Fecha final (ambas variables de fecha) |

Continuación del apéndice 3.

| DATOS DE PRODUCCIÓN: CAFÉ CEREZA | | | | |
|---|--|---|--|--|
| producción | Café en cereza (cantidad) | Café en cereza ingresado al recibidero durante el período del estudio, clasificado en maduro, camagua (semi maduro) y verde. | A5=Peso del café cereza maduro A6=Peso del café cereza camagua; A7=Peso del café cereza verde Todas variables numéricas unidad: quintales de 100 lb. | Peso total del café ingresado al beneficio durante el Período del estudio. B2=A5+A6+A7 Unidad: quintales de 100 lb. |
| | | | | |
| ELEMENTO AMBIENTAL AGUA: AGUA DEL AFLUENTE | | | | |
| Caracterización de los elementos ambientales | Agua del afluente (cantidad y calidad) | Cantidad del Agua del afluente utilizada para beneficiar el café ingresado en el período del estudio. Se ingresa por cada una de las principales fuentes utilizadas, lo cual permite hacer además de la cuantificación su calificación en términos de calidad a partir de la fuente | A8=Cantidad de agua proveniente de cosecha de lluvia; A9=Cantidad de agua proveniente de nacimientos. A10=Cantidad de agua proveniente de cuerpos superficiales (ríos / lagos). A11=Cantidad de agua proveniente de mantos subterráneos (pozos). A12=Cantidad de agua proveniente de servicios municipales o privados. | Volumen de agua total del afluente utilizada (sin contabilizar el agua de recirculación) B3=A8+A9+A10+A11+A12 Rendimiento del agua del afluente contra el total del café cereza ingresado C1=B3*1000/ B2 (unidad litros/qq cereza) SI C1<=100 X1=0.15 marcador color verde SI 100<C1<=300 X1=0.10 marcador color verde SI 300<C1<=500 ; X1=0.05 marcador color amarillo SI 500< C1 <=1000 X1=0.02 marcador color rojo SI C1 > 1000 ; X1=0 marcador color rojo |
| | | | | |

Continuación del apéndice 3.

| | | | |
|---|---|--|--|
| <p>Agua del afluente (calidad)</p> | <p>Se califica la calidad del uso del agua del afluente, en función de la fuente de donde se toma el agua.</p> | <p>de cosecha de lluvia =A8>0 ; se almacena temporalmente De nacimiento =A9>0 ; se almacena temporalmente de cuerpos superficiales = A10>0 ; se almacena temporalmente de pozo mecánico =A11>0 ; se almacena temporalmente de servicio municipal o privado =A12>0 ; se almacena temporalmente</p> | <p>De los valores mayores a cero almacenados temporalmente, se obtiene el mayor Si A8>0 y es el mayor; marcador color verde. X2=0.05 Si A9>0 y es el mayor; marcador color verde. X2=0.04 Si A10>0 y es el mayor; marcador color amarillo. X2=0.03 Si A11>0 y es el mayor marcador color amarillo. X2=0.01 Si A12>0 y es el mayor marcador color rojo. X2=0</p> |
| <p>Agua de recirculación (cantidad)</p> | <p>Si en el beneficio húmedo se recircula el agua, esto reduce notablemente el uso de agua fresca y aumenta la eficiencia del beneficio.</p> | <p>A13=Cantidad de agua recirculada. Unidad: m3 (variable alfanumérica)</p> | <p>Total del agua utilizada incluyendo el agua de recirculación B4=A13+B3 Unidad: m3 Número de veces que se recicla el agua del afluente. C2=A13/B3</p> |
| <p>Agua de recirculación (calidad)</p> | <p>Si el beneficio recircula es apropiado, si no recircula es inapropiado</p> | | <p>Si A13>0 marcador color verde. X3=0.15 Si A13=0 marcador color rojo. X3=0</p> |
| <p>Calificación de la fuente de información de donde provienen los parámetros de las aguas del afluente (Calidad de la información)</p> | <p>Se asigna parámetros cualitativos a la calidad de la fuente de información de donde se toman las variables de caracterización del uso del agua</p> | <p>¿Se mide? A14=1 ¿Se estima? A14=0 (variables numéricas)</p> | <p>Calidad de los datos del agua Si A14>0 ; marcador de color verde X4=0.05 Si A14=0 marcador de color rojo. X4=0</p> |

Continuación del apéndice 3.

| AGUA: AGUAS RESIDUALES (AGUAS MIELES) | | | |
|--|--|--|--|
| Aguas residuales del beneficiado de café o aguas mieles (cantidad) | El volumen de aguas mieles es igual al total de aguas del afluente (sin considerar las aguas de recirculación) | | Total de aguas mieles generadas=B3 Unidad: m3 |
| Aguas residuales del beneficiado de café o aguas mieles (calidad) | Parámetros cualitativos sobre la disposición final de las aguas mieles. Se seleccionan una opción única de la lista. | ¿Se reusa como fertirriego? A15=1 ¿Se vierte a un río o a un lago? A15=0 ¿Se vierte a un cuerpo de agua subterráneo? A15=0 | Calidad por disposición final de las aguas mieles Si A15=1 marcador de color verde. X5=0.30 Si A15=0 marcador de color rojo X5=0 |
| ELEMENTO AMBIENTAL SUELO: DESECHOS SÓLIDOS (PULPA DEL CAFÉ) | | | |
| Desechos sólidos: Pulpa de café (cantidad) | Producción de pulpa de café=al peso del café en cereza ingresado multiplicado por el factor f=0.4 | | Cantidad de pulpa de café producida en el período del estudio B5=B2*0.4 Unidad: quintales de 100 lb. |
| Uso final de la pulpa de café (calidad) | Se evalúa la disposición final del subproducto de la pulpa de café | ¿Se usa como fertilizante orgánico? A16=1 ¿Se usa como fertilizante orgánico y se practica lombricultura? A16=2 ¿Se desecha sin tratamiento? A16=0 | Si A16=1 X6=0.05 marcador color amarillo Si A16=2 X6=0.10 marcador color verde Si A16=0 X6=0 marcador color rojo |

Continuación del apéndice 3.

| ELEMENTO SOCIOECONÓMICO: MANO DE OBRA | | | | |
|--|---|--|--|---|
| Socioeconómico | Mano de obra (cantidad) | Número de trabajadores empleados en el período del estudio | A17=Número de trabajadores Unidad: unidades | Días hombre trabajados en el período del estudio $B6=A17*B1$ Si $A17>0$ $X7=0.05$ marcador de color verde Si $A17=0$ $X7=0$ marcador de color rojo |
| | ELEMENTO AMBIENTAL: AGUA / AGUAS RESIDUALES DOMICILIARES | | | |
| Elementos ambientales | Aguas Residuales domiciliars | Se estima que una persona necesita 100 litros de agua por persona por día y esta agua se convierte en aguas residuales domiciliars | | Producción de aguas residuales domiciliars $B7=B1*A17*$ 100/1000 |
| | Tratamiento de aguas residuales domiciliars | Si se les da tratamiento $A18=1$ Si no se les da tratamiento $A18=0$ | | Si $A18=1$; $X8=0.05$ Si $A18=0$; $X8=0$ |
| | ELEMENTO AMBIENTAL SUELO: DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES | | | |
| | Desechos sólidos domiciliars (cantidad) | Se estima que una persona (un trabajador) produce 1 libra de desechos sólidos por día | | Producción de desechos sólidos domiciliars en el período del estudio $B8=B1*A17/$ 100 unidad=quintales |
| | Disposición final de los desechos sólidos domiciliars(calidad) | Se evalúan las 3 opciones más comunes y se espera que se separe y se recicle, además que se disponga finalmente los no reciclables y no reusables en un relleno sanitario | Disposición final de los desechos sólidos domiciliars ¿Se entregan al tren de aseo de la Municipalidad? $A19=1$ ¿Se disponen en botadero propio? $A19=0$ ¿Se recicla? $A19=2$ | Si $A19=1$ $X9=0.01$ marcador de color amarillo. Si $A19=0$ $X9=0.0$ marcador de color rojo Si $A19=2$ $X9=0.05$ marcador de color verde. |

Continuación del apéndice 3.

| PRODUCCIÓN: CAFÉ PERGAMINO SECO | | | | |
|--|---------------------------------|--|--|--|
| Producción | Café Pergamino seco (cantidad) | Producción final de café en pergamino seco | A20=Café en pergamino seco de primera A21=Café en pergamino seco de segunda Unidad: quintales | Total de café pergamino seco $B9=A20+A21$ Factor de reducción de café cereza a pergamino $C3=B2/B9$ |
| | Rendimiento de la mano de obra | | | Rendimiento de la mano de obra $C4=B6/B9$ En días hombre / quintal de café pergamino |
| PRODUCCIÓN: SERVICIOS Y PRODUCTOS | | | | |
| Insumos y servicios | Electricidad (cantidad) | Consumo de energía eléctrica durante el período del estudio | A22=Consumo en kWh durante el período del estudio | Rendimiento de la electricidad en la producción de café pergamino $C5=A22/B9$. Unidad: m ³ /qq Si $A22 > 0$; $X10=0.02$ |
| | Combustibles fósiles (cantidad) | Consumo de combustibles (gasolina, diésel, kerosene, bunker, entre otros) durante el período del estudio | A23=Consumo de combustibles fósiles en galones durante el período | Rendimiento de los combustibles fósiles en la producción de café pergamino $C6=A23/B9$ Unidad: galones/qq Si $A23 > 0$; $X11=0$ |
| | Leña (cantidad) | Consumo de leña durante el período del estudio. | A24=Consumo de leña en m ³ durante el período del estudio. | Rendimiento de la leña en la producción de café pergamino $C7=A24/B9$ Unidad: m ³ /qq Si $A24>0$ $X12=0.02$ |
| | Cascabillo de café (cantidad) | Consumo de cascabillo de café durante el período del estudio. | A25=Consumo de cascabillo de café como combustible en m ³ durante el período del estudio. | Rendimiento del cascabillo de café en la producción de café pergamino $C8=A25/B9$ Unidad: m ³ /qq Si $A25>0$ $X13=0.01$ |

Continuación del apéndice 3.

| GRAN RESUMEN | | | |
|--------------|--------------------------|---|---|
| | Calificación consolidada | Sumará las calificaciones individuales y la integrará en una consolidada. | Calificación consolidada de la operación del beneficio húmedo de café $B_{10} = (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13})$ |

Caracterización del proceso productivo de un beneficio húmedo de café, mediante la evaluación de variables de la producción, el cálculo de parámetros consolidados, indicadores de desempeño y calificación de buenas prácticas.

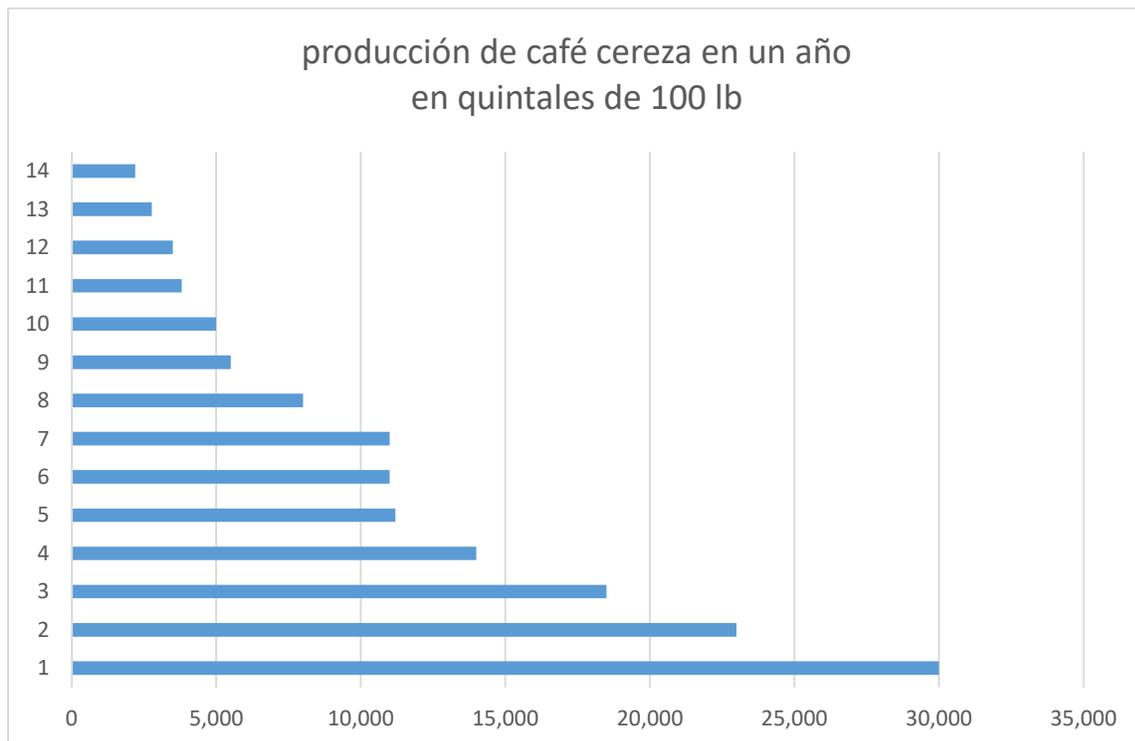
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Resultados de la caracterización de los beneficios húmedos de café estudiados**

Aquí se presenta además de los resultados basados en indicadores de desempeño, otros parámetros que identifican algunas características particulares de los beneficios húmedos de café, calculadas a partir de los valores recibidos en la encuesta de prueba.

Niveles de producción de los beneficios húmedos de café estudiados

Figura A1. **Beneficios encuestados: capacidad de procesamiento**



Continuación del apéndice 4.

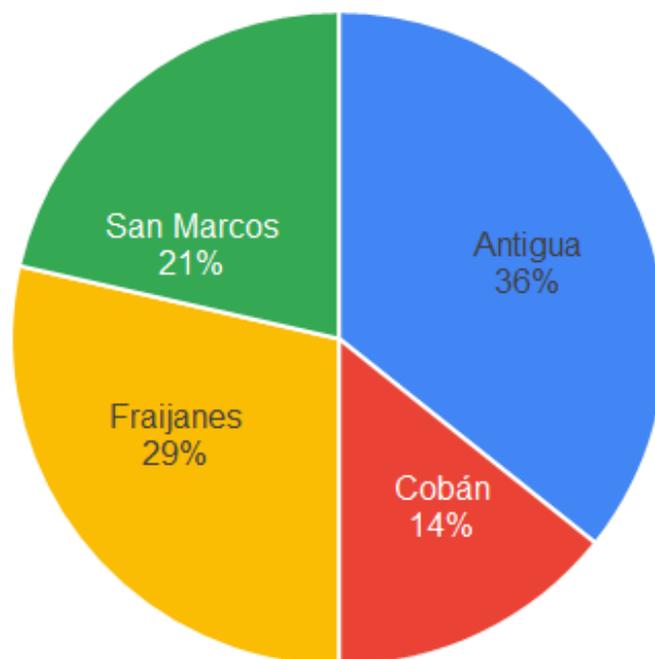
Los beneficios húmedos de café estudiados mostraron un nivel de producción muy diverso, con un mínimo de café beneficiado en el año cafetero anterior de

2,200 quintales y un máximo de 30,000 quintales de café cereza, los que se pueden agrupar en grandes, medianos y pequeños productores.

- Reportes por región productora de café

Los reportes recibidos provienen de 14 fincas pertenecientes a 4 de las 8 regiones productoras de café del país y sus porcentajes de participación se muestran en la figura A2.

Figura A2. **Reportes de las regiones productoras de café.**



Continuación del apéndice 4.

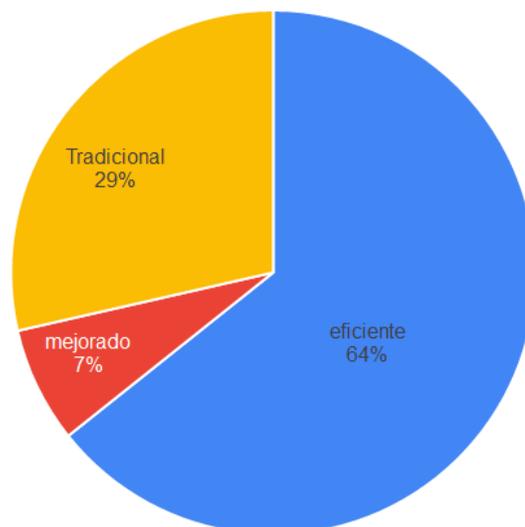
- Resultados de desempeño

En la información que se presenta a continuación se integra indicadores clave de desempeño de un beneficio húmedo de café, que orienta apropiadamente las acciones a tomar para hacer de la actividad un modelo sostenible.

- Indicador de eficiencia en el uso del agua

Quizás el indicador más importante en término de buenas prácticas de la operación de un beneficio húmedo de café, es el indicador de eficiencia en el uso del agua, que por sí define la eficiencia de la operación del beneficio. Existen varios parámetros que establecen una calificación sobre los niveles de eficiencia; para el presente caso se hizo uso de valores establecidos a partir de los niveles de consumo de acuerdo con la tabla II.

Figura A3. **Eficiencia del uso del agua en los beneficios encuestados**



Continuación del apéndice 4.

De todos los beneficios que reportaron información, el 64 % utiliza menos de 100 litros de agua para procesar un quintal de café cereza, es decir que caen en la categoría de beneficios eficientes en el uso del agua; el 7 % se considera mejorados, es decir que usan entre 100 y 300 litros de agua por quintal de café cereza y aunque utilizan poca agua relativamente, requieren aún algunas mejoras; finalmente el 29 % están clasificados en la categoría media o tradicionales, es decir que deben realizar importantes inversiones y mejorar sustancialmente sus prácticas para alcanzar el estatus de eficiente. En el presente reporte no se muestra aún la cantidad de beneficios con uso ineficiente del agua, pues no aparecieron en la muestra.

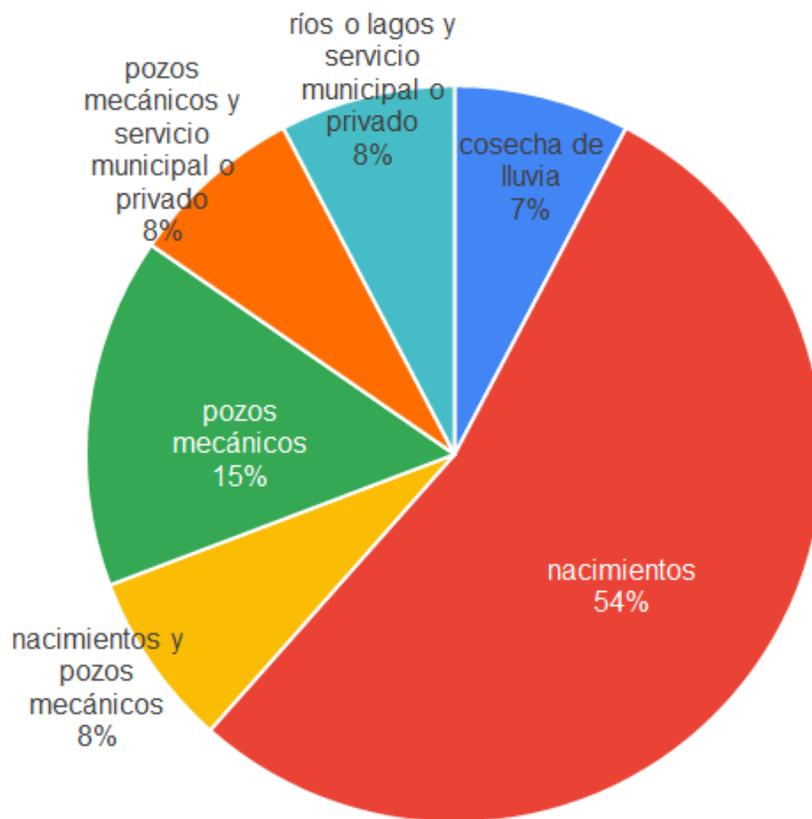
- Etiqueta de calidad en función del tipo de fuentes de agua

La fuente de donde se extrae u obtiene el agua con la que se opera un beneficio húmedo de café, determina de una buena manera la calidad de uso que se le da a ese recurso natural estratégico. Se prevé que en el futuro la cosecha de lluvia será la fuente más importante de agua, pues se colecta directamente y su uso no interviene los derechos de otros usuarios y en consecuencia tiene el valor más alto de calificación. En segundo lugar y ubicado prácticamente en el mismo nivel, se citan las fuentes tradicionales como nacimientos y cuerpos superficiales (ríos y lagos), pues aunque ya entran parcialmente en competencia con otros usuarios, no los afectan notablemente, especialmente a los localizados aguas arriba. En tercer lugar se ubican los pozos mecánicos, ya que requieren de energía (eléctrica o mecánica) para la extracción del agua desde los mantos freáticos y si afectan a los afloramientos aguas abajo.

Continuación del apéndice 4.

Finalmente y para terminar, la fuente de agua que tiene la más baja calificación por calidad en el uso del agua es cuando el beneficio se abastece de una red municipal o privada que surte a usuarios y comunidades, pues tal práctica contraviene el ordenamiento en cuanto a la prioridad de su uso, es decir enfrenta al consumo humano contra el uso industrial.

Figura A4. **Origen del agua de los beneficios encuestados**



Continuación del apéndice 4.

El origen de las fuentes de agua en los beneficios húmedos de café que entregaron su información se clasifican con un 7 % del total con la mejor nota, es decir la fuente de agua sostenible, en el presente caso la cosecha de lluvia; a continuación con la segunda mejor nota quedan el 54 % de los beneficios que usan fuentes superficiales o afloramiento de napas freáticas. En el tercer lugar, con una nota que obliga ya a realizar cambios en el modelo productivo así como las correspondientes inversiones están el 23 % de los beneficios que usan agua del manto freático extraída con energía o una mezcla con otras fuentes como nacimientos y finalmente con la nota más baja se localizan el 16 % de los beneficios que usan únicamente o en combinación con otras fuentes los servicios municipales o privados de agua entubada.

- Indicador de desempeño por la recirculación del agua

En este caso el 100 % de los beneficios que aportaron su información en la encuesta de prueba, hacen uso de esa práctica que no solo extiende por 2 o 3 veces la utilidad del agua que utilizan, sino que mejoran su nivel de eficiencia operativa.

- Etiqueta de calidad por la disposición final de la pulpa de café

En el pasado la pulpa del café fue uno de los subproductos del beneficio que más y mayores impactos ambientales produjeron en las aguas superficiales, pues en esa época era considerado un desperdicio sin valor. Hoy esa situación ha cambiado y gracias a programas de capacitación e introducción de tecnologías de reúso el 100 % de la pulpa que se produce en

Continuación del apéndice 4.

los beneficios estudiados le da un uso apropiado; sin embargo, de ese 100 % solo un 29 % lo ha mejorado con la práctica de la transformación por lombricomposta que se considera el caso ideal.

Figura A5. **Disposición final de la pulpa de café en las fincas encuestadas**

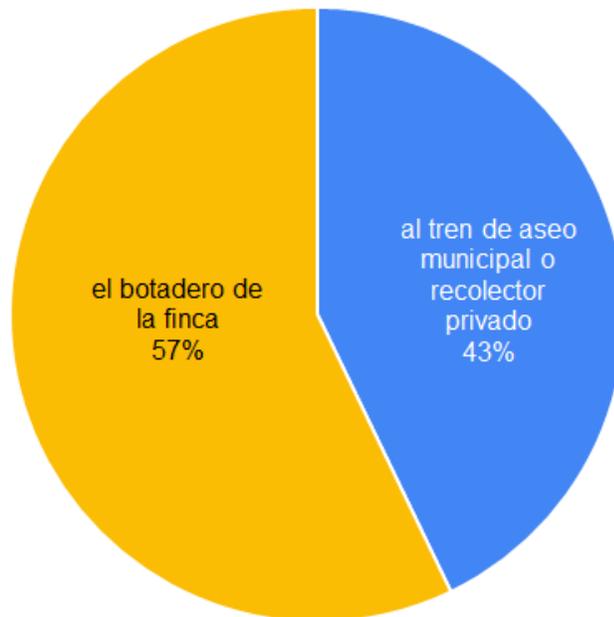


- Etiqueta de calidad por la disposición final de los desechos sólidos domiciliarios

La disposición apropiada de los desechos sólidos domiciliarios, es uno de los temas en los que se ha avanzado muy poco. Aunque de acuerdo con la ley, su recolección, tratamiento y disposición final es una atribución específica de las municipalidades, en la realidad es que casi ninguna cumple apropiadamente con esa obligación.

Continuación del apéndice 4.

Figura A6. **Tipo de disposición final de los desechos sólidos domiciliarios**



Los resultados muestran que ninguno de los beneficios húmedos de café que rindieron información cumple con buenas prácticas de gestión sostenible de los desechos sólidos domiciliarios, pues el 57 % de ellos los disponen en un botadero propio de la finca y el 43 % los entregan a un botadero municipal mediante el tren de aseo, que en general está operado por un contratista. Este es un elemento que genera impactos ambientales muy altos y que puede solucionarse con muy poca inversión de capital y si con la adopción de buenas prácticas individuales.

Continuación del apéndice 4.

- Producción de café pergamino

El café en pergamino es el café en cereza que ha pasado por todo el proceso de limpieza y secado en el beneficio húmedo y que presenta un contenido de humedad del 11 % en promedio. Después de haber perdido la pulpa, el mucílago y agua su peso se reduce al 20 % de su peso en cereza, es decir que el factor de reducción es de 5 como cifra redonda.

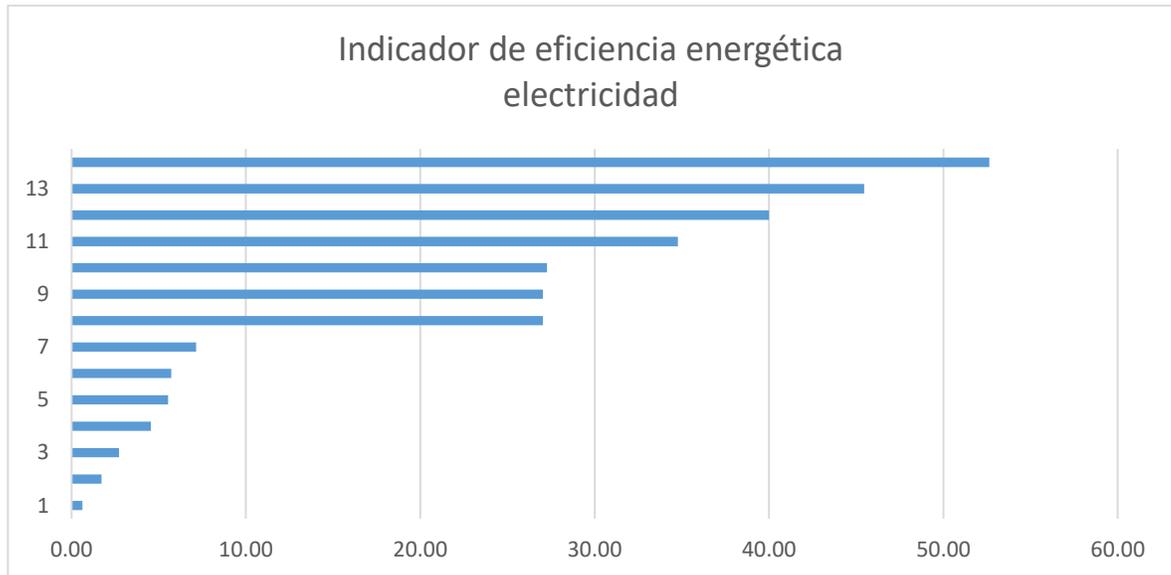
El café en pergamino se utilizará para construir todos los indicadores de desempeño que ocurren después del lavado, como eficiencia en la mano de obra, eficiencia energética, entre otros.

- Indicador de eficiencia energética: electricidad

El factor de eficiencia energética en el caso de los beneficios húmedos de café, requiere de un estudio muy detallado de todas las fuentes utilizadas en su conjunto, pues su estudio por separado no resulta concluyente. En el presente caso se mencionarán en forma individual la electricidad, los combustibles fósiles (diésel, gasolina, bunker y GLP), la leña y el cascabillo de café, solo con fines comparativos.

Continuación del apéndice 4.

Figura A7. **Consumo de energía eléctrica en los beneficios encuestados**



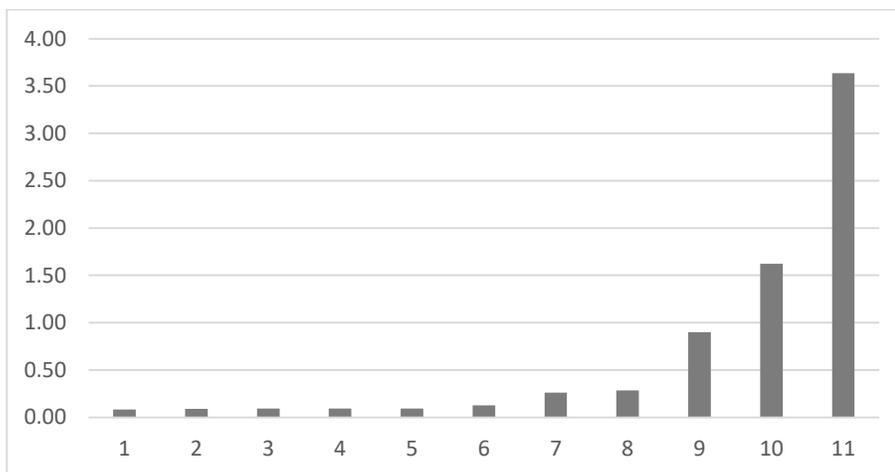
En el caso de la electricidad, el indicador de eficiencia energética es el resultado de la división de la cantidad de los kilovatio hora (kWh) consumidos durante el período del estudio, dentro del peso del café en pergamino que fue producido en ese período, lo que estableció valores extremadamente dispares, que como ya se dijo anteriormente no son concluyentes por el hecho de haberse estudiado en forma separada cada fuente de energía, pero que sin embargo permiten establecer las condiciones en las que se procesa el café en el beneficio húmedo.

Continuación del apéndice 4.

Para este caso, los indicadores de eficiencia en el uso de la electricidad van desde un valor mínimo de 0.63 kWh / qq de café pergamino, a un valor máximo de 52.33 kWh / qq de café pergamino. El valor promedio de todos los beneficios estudiados es de 20.16 kWh / qq, el que podría utilizarse como un valor de comparación solamente.

Indicador de eficiencia energética: combustibles fósiles

Figura A8. Eficiencia energética de los combustibles fósiles



Aunque la tendencia en general en los beneficios es la de sustituir la energía mecánica por la eléctrica, en el estudio se presentan algunos casos en los que el uso de combustibles es alto. En la gráfica No 12 se muestran por lo menos dos valores que podrían eventualmente estar fuera de rango; sin embargo, se han mantenido en la gráfica toda vez que, como se dijo antes, pudiera ser que estuvieran altos en este renglón específico, pero pudieran estar

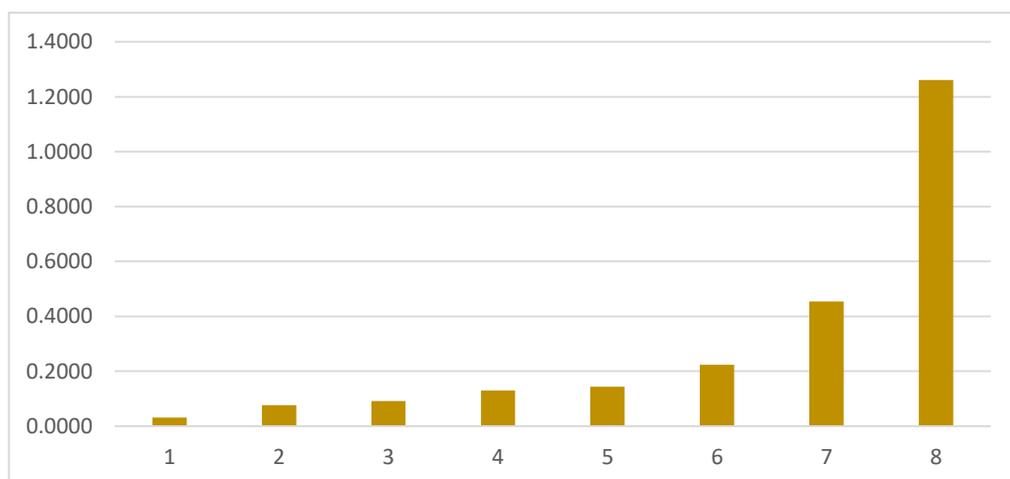
Continuación del apéndice 4.

bajos en el consumo de electricidad. El valor mínimo, que al mismo tiempo es el de mayor eficiencia en el uso de combustibles fósiles es de 0.04 galones / qq de café pergamino procesado; el valor máximo (el de mínima eficiencia) es de 3.64 galones / qq y el promedio es de 0.66 galones / qq.

- Indicador de eficiencia energética: leña

La leña es un material que se usa como combustible y que se genera en la finca agroforestal de café durante la etapa de manejo de sombra. Para producirla no se cortan árboles ni se compra a proveedores, es un caso típico de reuso del recurso. En este caso se reportó que muchos beneficios no usan leña (consumo cero), pero esto se explica porque solo secan el café utilizando el sol o porque lo entregan a beneficios más grandes quienes finalizan el proceso. Para graficar los niveles de eficiencia energética por leña se usaron solo los datos con una cifra válida (diferente de cero)

Figura A9. **Eficiencia energética por quema de leña**

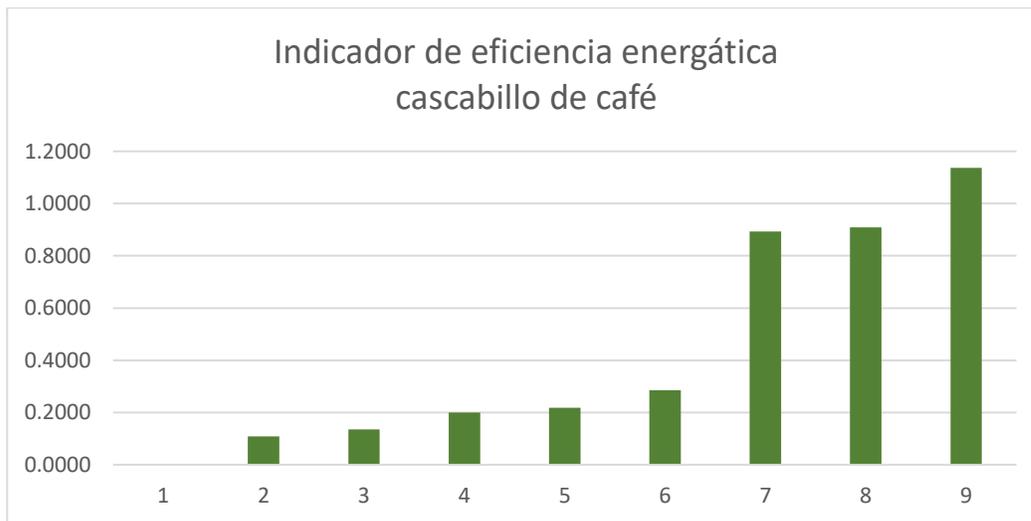


Continuación del apéndice 4.

La eficiencia del uso de la leña como combustible para el secado parcial o total del café va desde un valor mínimo de 0.02 cargas de leña / quintal de café cereza, hasta un máximo de 1.26 cargas / qq de café pergamino (63 veces el menor).

Indicador de eficiencia energética: cascabillo de café

Figura A10. **Eficiencia energética por quema de cascabillo de café**



El cascabillo de café es un subproducto del proceso de un beneficio seco y es reusado en el beneficiado húmedo como combustible en el secado artificial del grano. Para el presente estudio, el indicador de eficiencia por quema de cascabillo de café va desde un valor mínimo de 0.11 sacos de cascabillo / quintal de café pergamino y un máximo de 1.14 sacos de cascabillo / quintal de café pergamino y su práctica se considera positiva toda vez que reúsa un subproducto que podría convertirse en desecho.

Continuación del apéndice 4.

- Valoración de desempeño individual

Todas las valoraciones de buenas prácticas y de cumplimiento de normativa ambiental han sido presentadas anteriormente se han hecho en forma global, pero el sistema de gestión de datos también permite hacer la valoración en forma individual por cada finca o unidad productiva. Dado que por razones de espacio no sería posible presentar todos los casos en forma individual, se ha seleccionado tres casos ilustrativos en función de su nivel de producción, es decir los parámetros de caracterización y calificación de un beneficio grande, uno de tamaño intermedio y uno pequeño, para ello se ha practicado los criterios de valoración, que se presentan en la tabla AIII.

Tabla AIII Caracterización partir de su tamaño y por el uso de recursos

| producción | aguas del afluyente | | | aguas mieles | | |
|---|--|---|---------------------------------|--|---------------------------------------|--|
| | calificación por volumen de la operación | calificación por uso de agua (cantidad) | calificación por fuente de agua | calificación por recirculación de agua | calificación por medición de caudales | calificación por disposición de aguas mieles |
| En la última cosecha ingresó al beneficio la siguiente cantidad de café cereza en quintales | | | | | | |
| 30,000 grande | 0.15 | 0.03 | 0.15 | 0 | 0.05 | |
| 11,000 mediano | 0.05 | 0 | 0.15 | 0 | 0.05 | |
| 2,200 pequeño | 0.1 | 0.04 | 0.15 | 0 | 0.05 | |
| calificación máxima | 0.15 | 0.05 | 0.15 | 0.05 | 0.35 | |

Continuación del apéndice 4.

Tabla AIV. **Caracterización de las etiquetas de calidad en los beneficios ordenados por el tamaño de su operación y por el uso del agua y otros recursos**

| | producción | pulpa | sociales | desechos domiciliare | | | totales |
|---|--|--|--|--|--------------------------------------|--|---|
| En la última cosecha ingresó al beneficio la siguiente cantidad de café cereza en quintales | calificación por volumen de la operación | calificación por disposición final de la pulpa | calificación por generación de trabajo | calificación por disposición final de desechos sólidos domiciliare | calificación por uso de electricidad | calificación por uso de combustibles fósiles | calificación final (suma de todos los factores) |
| 30,000 grande | | 0.1 | 0.05 | 0 | 0.05 | 0.02 | 0.56 |
| 11,000 mediano | | 0.05 | 0.05 | 0 | 0.05 | 0.02 | 0.38 |
| 2,200 pequeño | | 0.05 | 0.05 | 0 | 0.05 | 0 | 0.49 |
| calificación máxima | | 0.1 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0 | 1.00 |

Fuente: elaboración propia.

