

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería en Computación
Programa de Maestría en Computación

**Propuesta de mejora a la herramienta de código abierto
P-TRAP al incorporar el algoritmo de *Fast Radial
Symmetry Transform* para la detección de granos de café**

**(Improvement Proposal to the open-source P-TRAP tool by
Incorporating The *Fast Radial Symmetry Transform*
Algorithm for Coffee Grain Detection)**

Propuesta de Tesis sometida a consideración del Departamento de Computación, para optar por el grado de Magíster Scientiae en Computación, con énfasis en Ciencias de la Computación

Autor:
Marco León Sarkis

Profesor Asesor:
Luis Alexander Calvo Valverde

Julio, 2016

Propuesta de mejora a la herramienta de código abierto
P-TRAP al incorporar el algoritmo de *Fast Radial
Symmetry Transform* para la detección de granos de café

(Improvement Proposal to the open-source P-TRAP tool by
Incorporating The *Fast Radial Symmetry Transform*
Algorithm for Coffee Grain Detection)

por

Marco León Sarkis

Sometida a consideración de la Escuela de Ingeniería en Computación, presentado en Julio 2016, en cumplimiento parcial de los requerimientos establecidos por el Programa de Maestría en Computación

Resumen

”El abstract se escribía aquí”

Thesis Supervisor: Luis Alexánder Calvo Valverde

Title: Supervisor

Tabla de Contenido

1	Introducción	7
2	Marco Teórico	9
	2.1 Visión por Computador	9
	2.2 P-TRAP	10
3	Propuesta de Proyecto	11
	3.1 Planteamiento del Problema	11
	3.2 Propuesta del Proyecto	14
	3.3 Trabajos Relacionados	15
	3.4 Hipótesis	16
	3.5 Métricas	16
	3.6 Desarrollo del Proyecto	17
4	Objetivos	19
	4.1 Objetivos Generales	19
	4.2 Objetivos Específicos	19
5	Alcance y Limitaciones	20
6	Entregables	21
7	Metodología	22
	7.1 Diseño de Experimentos	22
	7.1.1 Declaración del problema	23
	7.1.2 Factores	23
	7.1.3 Variables de respuesta	23
	7.1.4 Recolección de datos	24
	7.1.5 Análisis estadístico	24

7.2	Ambiente de desarrollo	24
8	Plan de trabajo	26
	Bibliografía	27

Lista de Tablas

1	Cronograma de actividades	26
2	Detalle de los entregables	26

Lista de Figuras

1	Imágenes de granos en formato RGB	12
2	Imágenes de granos en formato binario	13
3	Ejemplo de imagen de granos de café	18

1 Introducción

El Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE) es una institución pública de carácter no estatal, fundada en 1933 como rectora de la caficultura costarricense. Uno de los objetivos principales de ICAFE es investigar y desarrollar tecnología agrícola e industrial. Guiados por este objetivo, ICAFE busca hacer uso de la tecnología para resolver problemas y mejorar procesos en el área de la producción agrícola. Uno de estos problemas es el conteo de granos de café en imágenes. Para llevar a cabo esta tarea se requiere tiempo y horas hombre. Cuando los ojos trabajan por mucho tiempo, causa fatiga y eso a su vez da paso a posibles errores en el conteo de granos. Se desea hacer uso de la visión por computadora para encontrar una posible solución a este problema.

El presente trabajo trata sobre la detección de granos de café existente en imágenes. Se estudia el estado del arte en el área de detección de objetos en imágenes, específicamente en granos. Posteriormente se propone la incorporación del algoritmo "*Fast Radial Symmetry Transform*"[8] en la herramienta de código abierto P-TRAP[13] para incrementar la exactitud (accuracy) en la detección de granos de café existentes.

Para poder desarrollar este trabajo se estudiará a fondo los conceptos del algoritmo "*Fast Radial Symmetry Transform*"[8] para poder ser incorporados a la herramienta P-TRAP[13]. Luego, se obtendrán una serie de imágenes de granos de café por parte de ICAFE. Después se preparará el ambiente de desarrollo de la herramienta P-TRAP[13] con el fin de realizar las modificaciones pertinentes para incorporar el algoritmo "*Fast Radial Symmetry Transform*"[8] al proceso de detección de granos existente. Finalmente, se ejecutarán una serie de experimentos sobre la base de datos de imágenes de granos de café entre la versión desarrollada de P-TRAP[13] y su versión por defecto con el propósito de medir la exactitud (accuracy) en la detección de granos de café existentes en una imagen.

El principal resultado de esta tesis es una versión de P-TRAP[13] que incorpore

el algoritmo "*Fast Radial Symmetry Transform*"[8], permitiendo una detección más precisa de granos de café existentes en una imagen en comparación a P-TRAP[13] en su versión por defecto.

En la sección 2 se presenta el marco teórico. Posteriormente, en la sección 3, se expone la propuesta de proyecto. Seguidamente, los objetivos generales y específicos son presentados en la sección 4. El alcance y limitaciones son parte de la sección 5. En la sección 7 se presenta la metodología que se va utilizar en este proyecto de investigación. Finalmente, en la sección 8 se incluye el plan de trabajo que va ser utilizado durante esta investigación.

2 Marco Teórico

Uno de los sentidos más importantes de los seres humanos es la visión. Ésta es empleada para obtener la información visual del entorno físico. De hecho, se calcula que más de 70% de las tareas del cerebro son empleadas en el análisis de la información visual [14].

A principios del siglo XIX, en el año 1824, el científico francés Nicéphore Niepce obtuvo las primeras imágenes fotográficas, inéditas. La fotografía más antigua que se conserva es una reproducción de la imagen conocida como *Vista desde la ventana en Le Gras*, obtenida en 1826 con la utilización de una cámara oscura y una placa de peltre recubierta en betún [15].

Desde la aparición de las primeras imágenes fotográficas se ha intentado extraer características físicas de las imágenes. La *fotogrametría* dio sus primeros pasos desde imágenes capturadas en globos. La astronomía avanzó enormemente con el análisis de imágenes recibidas por los telescopios. El análisis de radiografías transformó la medicina y así sucedió en una gran cantidad de áreas.

Por los años de 1980 estas técnicas confluyen y dan luz a un cuerpo de conocimiento propio. La revolución de la electrónica, con las cámaras de vídeo CCD y los microprocesadores, junto con la evolución de las Ciencias de la Computación hace que sea factible la *Visión por Computador*.

2.1 Visión por Computador

La visión por computador es una disciplina científica que utiliza distintos métodos para adquirir, procesar, analizar y comprender imágenes del mundo real [2].

Hay muchas tecnologías que utilizan la visión por computador, entre las cuáles: reconocimiento de objetos, detección de eventos, reconstrucción de una escena y restau-

ración de imágenes.

2.2 P-TRAP

En los cultivos, el tamaño y la forma de los granos son dos de las características más importantes que influyen la producción. Por ejemplo, las panículas de arroz varían considerablemente en el número y orden de las ramas, alargamiento del eje, y la forma y tamaño del grano. El análisis manual de estas características consume bastante tiempo y los resultados son poco confiables. Sin embargo, el análisis cuantitativo y cualitativo de los rasgos en las panículas de arroz es esencial para el entendimiento de la diversidad de una panícula.

P-TRAP (Panicke Traits Phenotyping) es una herramienta de código abierto, que dada una imagen numérica, detecta y analiza automáticamente la estructura de una panícula, además cuenta y recolecta una serie de rasgos o parámetros relacionados con la forma de los granos.

3 Propuesta de Proyecto

3.1 Planteamiento del Problema

Durante la última década hemos sido testigos del impresionante avance tecnológico de las cámaras fotográficas. Actualmente, vivimos en una era donde contamos con dispositivos móviles capaces de tomar fotografías de alta calidad en cualquier lugar y momento.

Este avance ha sido el detonante para que en años recientes la visión por computadora se haya convertido en una tecnología clave en diferentes campos. En la industria automotriz son cada vez más populares los carros asistidos por computadoras. También, en la industria de videojuegos la visión por computadora ha sido utilizada para mejorar la interacción entre el usuario y el juego, creando una experiencia de juego cada vez más real. En el área de la producción agrícola, la visión por computadora puede ser utilizada para mejorar la eficiencia y eficacia en los procesos de detección y conteo de granos. Ambos procesos, de ser realizados de forma manual, consumen mucho tiempo y existe cierto grado de error humano que afecta el resultado final [2].

En el Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE) se cuenta con algoritmos para estimar la producción de una planta en particular. Sin embargo, dichos algoritmos requieren como parámetro el número de granos de café en la planta en cierto punto de su desarrollo. Actualmente, el proceso de conteo de granos se realiza de forma manual, consumiendo una gran cantidad de horas hombre. ICAFFE cuenta con una serie de imágenes de granos de café y se desea encontrar una manera automática de realizar el conteo de granos con el fin de incrementar la eficiencia en el proceso.

En la literatura, se han propuesto varias soluciones para atacar este problema. Sin embargo, la gran mayoría utiliza como entrada imágenes de granos en un ambiente controlado. Este es el caso de P-TRAP [13], una herramienta de código abierto que implementa un algoritmo para la detección de granos en un ambiente contro-

lado. P-TRAP fue diseñado con un propósito en particular: analizar la estructura de panículas de arroz en imágenes para entender la diversidad y mejorar la producción de arroz. Para realizar esta labor, la plataforma cuenta con tres componentes diferentes: análisis de la estructura de la panícula, conteo de granos de arroz y análisis de la forma. En nuestro estudio, nos enfocaremos en el componente para el conteo de granos.

El componente de conteo de granos de P-TRAP utiliza un enfoque granulométrico el cual consta en obtener la distribución por tamaño de los granos presentes. El primer paso del proceso de detección de granos de P-TRAP es convertir la imagen de entrada de RGB a binario, para luego seguir con el enfoque granulométrico.

A continuación se presentan dos imágenes de granos. La imagen 1a muestra una de las imágenes proporcionadas por ICAFE para las pruebas de detección de granos y la imagen 1b es el tipo de imagen para el cual P-TRAP fue creado originalmente y sobre el que hace una detección de granos precisa.



(a) Granos de ICAFE



(b) Granos de P-TRAP

Figura 1: Imágenes de granos en formato RGB

Como se mencionó previamente el primer paso en el proceso de detección de granos en P-TRAP es la conversión de RGB a binario. A continuación se presentan las

imágenes después de realizar la conversión respectiva.



(a) Granos de ICAFE



(b) Granos de P-TRAP

Figura 2: Imágenes de granos en formato binario

Como se puede observar en la imagen 2b los granos quedan bien delimitados y en un formato adecuado para continuar con el proceso de detección y aplicar el enfoque granulométrico. Sin embargo, en el caso de la imagen 2a se perdió por completo el contorno de los granos, en este caso cualquier enfoque que se siga va dar resultados imprecisos.

Realizar la detección de granos de café a partir de imágenes tomadas fuera de un ambiente controlado agrega una serie de dificultades al proceso, algunas de estas dificultades son:

1. Los granos traslapados imponen una dificultad ya que el grano pierde su forma y en ocasiones es solo una mínima parte del grano que esta a la vista.
2. Los granos que estan detrás del r cimo, que no est n a la vista. Sabemos que detrás del r cimo que estamos viendo hay granos de café pero no sabemos cuantos porque no los podemos ver.
3. Distancia de los granos con respecto a la cámara. En un ambiente controlado podemos tratar esto como una constante y definir un rango de tamaños. Sin embargo, en el caso de las imágenes tomadas en su ambiente natural no se

tiene control sobre esto. El tamaño de los granos de café en la imagen va estar determinado por la distancia del racimo al lente de la cámara.

4. Ruido en el fondo de la imagen. En un ambiente controlado el fondo de la imagen tiene un mismo color y textura. En el caso de las imágenes de ICAFE, en el fondo se observan hojas, ramas y otro tipo de objetos que le agregan ruido a la imagen.

En el caso específico de P-TRAP y como se mostró anteriormente, el proceso que permite realizar la detección de granos no es capaz de resolver dichas dificultades por lo que la precisión de la detección de granos de café es muy baja.

3.2 Propuesta del Proyecto

A partir de lo descrito anteriormente, este proyecto pretende estudiar la eficacia en la detección de granos a partir de la incorporación del algoritmo *Fast Radial Symmetry Transform*[8] al proceso de detección y conteo de granos ya existente en la herramienta P-TRAP[13].

El algoritmo *Fast Radial Symmetry Transform* fue propuesto por Loy Gareth y Alexander Zelinsky en el paper "A Fast Radial Symmetry Transform for Detecting Points of Interest"[8]. En este trabajo los autores presentan una nueva técnica de detección de rasgos que utiliza la simetría radial local para identificar regiones de interés en una imagen.

Dada la naturaleza simétrica de los granos de café es posible que se pueda aplicar esta técnica al proceso de detección de granos de P-TRAP. Específicamente en el inicio, antes del primer paso (conversión de RGB a binario). Esto permitira que los granos de la imagen original no se pierdan cuando se realice la conversión de RGB a binario puesto que habrían quedado previamente demarcados por el paso anterior donde se aplicó el algoritmo *Fast Radial Symmetry Transform*[8].

Este estudio deja por fuera y como parte del posible trabajo futuro, la detección de granos de café traslapados y aquellos no visibles en la imagen. Asimismo, queda para trabajo futuro la estimación de la producción de la planta de café a partir de los datos recolectados.

3.3 Trabajos Relacionados

La detección de objetos en imágenes ha sido estudiada en muchos trabajos de investigación.

En [5] se propone un framework para el conteo automático de granos. Este framework esta compuesto de hardware y software. En cuanto a hardware, se propone un mecanismo de vibración para que los granos sean esparcidos de forma uniforme y no queden traslapados. Luego, se toma una foto que será convertida a escala de grises y pasará por un proceso de eliminacion de ruido, conversión binaria y morfología matemática. Ese sistema de vibración parte del supuesto que los granos están separados pero en el caso de las imágenes de ICAFE, los granos aún están adheridos a la planta.

En [6] se presenta un método automático que utiliza visión por computadora para identificar y contar uvas. En este estudio se crea un ambiente semi-controlado para la captura de imágenes donde un carro recorre lateralmente las plantaciones con una cámara de alta tecnología y un sistema de luces para asegurar la calidad de las imágenes. Seguidamente, se detectan las uvas con base en la forma y textura. En el caso particular de ICAFE, las imágenes son tomadas en un ambiente no controlado y agregar cualquier tipo de hardware incrementa el costo de la solución.

En [7] desarrollan una aplicación para dispositivos móviles capaz de identificar especies de árboles a partir de fotos de sus hojas. Entre los aportes principales desarrollados en este trabajo destaca el componente de visión por computadora que descarta imágenes que no son de hojas. Para procesar las imágenes se procede a segmentar la hoja del fondo de la imagen, se extrae las características de la curvatura de la hoja y se realiza

una comparación contra un conjunto de entrenamiento para determinar la especie de árbol. Las características analizadas (curvatura) en esta investigación son diferentes a las que se requieren analizar en el caso de las imágenes de granos de café:

En [4] se analizan las manchas en las hojas a partir de imágenes con el propósito de diagnosticar posibles enfermedades en la planta. En este proyecto se desarrolla un sistema de procesamiento de imágenes integrado. Este sistema cuenta con cuatro etapas: preprocesamiento, segmentación, extracción de características y clasificación. En esta investigación se conoce de antemano las manchas que se están buscando por lo que se cuenta con un conjunto de entrenamiento, en esta propuesta no requeriríamos conjunto de entrenamiento para realizar la detección. Finalmente, en [3] se presenta una propuesta para investigar diferentes tipos de características en imágenes de granos de arroz para determinar la variedad.

3.4 Hipótesis

Con base en la definición del problema y en la propuesta de proyecto, se define la siguiente hipótesis:

La incorporación del algoritmo Fast Radial Symmetry Transform[8] para la detección de granos de café en la herramienta de código abierto P-TRAP[13] aumenta la cantidad de detecciones de granos de café existentes en una imagen.

3.5 Métricas

El objetivo de este estudio es medir la precisión en la detección de granos de café existentes en una versión de la herramienta P-TRAP[13] que incorpore el algoritmo Fast Radial Symmetry Transform[8] y realizar una comparación con la precisión en la versión por defecto de P-TRAP[13]. Como parte del análisis comparativo entre ambas versiones de P-TRAP[13] se define la siguiente métrica:

- Exactitud:

$$\textit{granos_detectados}/\textit{total_granos_existentes}$$

El *total_granos_existentes* hace referencia a la cantidad de granos que podemos ver a simple vista en la imagen. La variable *granos_detectados* nos indica el número de granos que fueron detectados por el sistema. Esta métrica permitirá obtener un porcentaje de exactitud después de realizar el proceso de detección. Se podrá comparar la exactitud en la detección de granos sobre una imagen determinada entre la versión nueva desarrollada contra la versión predefinida de P-TRAP[13].

3.6 Desarrollo del Proyecto

El desarrollo de este proyecto implica la creación de una versión de P-TRAP[13] que incorpore el algoritmo *Fast Radial Symmetry Transform*[8]. Para el desarrollo de esta versión de P-TRAP[13] se hará uso de bibliotecas cuando sea posible, y se programará únicamente los algoritmos o funcionalidades que no estén disponibles en bibliotecas.

Con la versión de P-TRAP[13] que se desarrollará en este proyecto será posible determinar la cantidad de granos de café existentes en una imagen. En la sección 3.3 se explicó acerca de los trabajos relacionados a este proyecto, en algunos casos las imágenes proporcionadas mostraban los granos separados. Sin embargo, en el caso de las imágenes que se proporcionarán en este proyecto los granos no están separados y aún están adheridos a la planta. Al ser una foto tomada directamente desde la planta, algunas imágenes requieren un trabajo de preprocesamiento. Este trabajo de preprocesamiento será también parte del desarrollo del proyecto e incluye la eliminación de ruido en la imagen. Por ejemplo, hojas, granos, ramas y granos que no pertenecen al rcimo que se quiere analizar.

A continuación se muestra un ejemplo de una imagen que es parte del conjunto de imágenes que serán analizadas:



Figura 3: Ejemplo de imagen de granos de café

Una vez concluido el desarrollo de la nueva versión de P-TRAP[13] se realizará un análisis comparativo entre dicha versión y la versión por defecto de P-TRAP[13]. Para este análisis se determinará el número de granos existentes en cada imagen. Luego, se ejecutará el proceso de detección de granos sobre cada imagen y se tomará registro de la cantidad de granos de café existentes detectados por cada versión. Finalmente, se hará un análisis detallado sobre los resultados obtenidos.

4 Objetivos

4.1 Objetivos Generales

Proponer una mejora a la herramienta de código abierto P-TRAP[13] incorporando el algoritmo de *Fast Radial Symmetry Transform*[8] para la detección de granos de café.

4.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos de este proyecto son los siguientes:

1. Implementar el algoritmo de *Fast Radial Symmetry Transform*[8] en el proceso de análisis de imágenes de la herramienta de código abierto P-TRAP[13].
2. Medir el desempeño en la detección de granos de café existentes en una imagen utilizando P-TRAP[13] (en su versión original) versus la versión propuesta utilizando el algoritmo *Fast Radial Symmetry Transform*[8].
3. Brindar una explicación sobre los resultados obtenidos.

5 Alcance y Limitaciones

Dentro del alcance de esta propuesta se define el siguiente conjunto de productos a ser presentados durante la defensa final de los resultados del mismo:

- Una versión de P-TRAP[13] que incluya el algoritmo *Fast Radial Symmetry Transform*[8] en el proceso de detección de granos.
- Todas las funcionalidades de P-TRAP[13] estarán disponibles en la nueva versión.
- Un análisis estadístico para contrastar los resultados de los experimentos.
- Explicación sobre los resultados obtenidos.

Es necesario delimitar esta investigación por motivos de tiempo y extensión. Se plantean entonces la siguientes limitaciones:

- Solo se contarán los granos de café visibles en la foto.
- Solo se realizará el conteo de granos de café para imágenes RGB.
- Se debe proporcionar la escala en la imagen.
- Queda por fuera de este trabajo el conteo de granos traslapados
- No se contarán granos de café no visibles en la imagen. Es decir, aquellos granos de café que se encuentren detrás del racimo en la foto.

Si bien el alcance de la presente propuesta no incluye un artículo científico, existe el acuerdo moral con el tutor de preparar un artículo científico en inglés para ser presentado a una revista que trate un tema afín, esto como máximo en los siguientes tres meses a la defensa.

6 Entregables

Los entregables son los siguientes:

- Ambiente de desarrollo de la herramienta de código abierto P-TRAP[13].
- Versión de P-TRAP[13] que utilice el algoritmo de *Fast Radial Symmetry Transform*[8] en el proceso de análisis de imágenes.
- Imágenes de granos de café preprocesadas.
- Diseño de experimentos.
- Tabla resumen de los resultados obtenidos.
- Pruebas estadísticas para aceptar o rechazar la hipótesis planteada.
- Análisis de los resultados obtenidos con el fin de presentar los principales hallazgos y una posible explicación.

7 Metodología

7.1 Diseño de Experimentos

Para describir el planeamiento pre-experimental para el diseño de experimentos de este trabajo, (con la información disponible hasta el momento), se usan los *lineamientos* desarrollados en el libro de Douglas C. Montgomery [1]. El esquema del procedimiento recomendado en los lineamientos para esta etapa incluye lo siguiente:

1. **Reconocimiento y definición del problema:** consiste en desarrollar una declaración clara y sencilla del problema. Una clara definición del problema, normalmente contribuye substancialmente a una mejor comprensión del fenómeno que está siendo estudiado y a la solución final de dicho problema.
2. **Selección de factores, niveles y rangos:** consiste en enumerar todos los posibles factores que pueden influenciar el experimento. Incluye tanto los factores de diseño potencial (los que potencialmente se podrían querer modificar en los experimentos) y los factores perturbadores (los que no se quieren estudiar en el contexto del experimento). También se deben seleccionar los rangos sobre los que varían los distintos factores y los niveles específicos sobre los que se aplicarán las iteraciones del experimento.
3. **Selección de la variable de respuesta:** debe proveer información útil sobre el fenómeno que esta siendo estudiado.
4. **Selección del diseño de experimental:** se refiere a aspectos claves del experimento tales como el tamaño de la muestra, la selección del orden adecuado para la ejecución de los intentos experimentales y la decisión de bloquear o no algunas de las restricciones de aleatoriedad en la pruebas.
5. **Llevar a cabo el experimento:** en esta etapa, es de vital importancia monitorear el proceso cuidadosamente para asegurar la correcta ejecución del experimento con respecto a lo planeado.

7.1.1 Declaración del problema

Estudiar la exactitud (accuracy) en la detección de granos de café existentes por parte de la versión por defecto de P-TRAP[13] y la versión desarrollada en este estudio incorporando el algoritmo *Fast Radial Symmetry Transform*[8].

7.1.2 Factores

En el diseño de experimentos, un factor es aquel componente que tiene cierta influencia en las variables de respuesta [1]. El objetivo de un experimento es determinar esta influencia.

Usando la información recolectada en esta etapa de la investigación, así como la experiencia adquirida por el estudiante y expuesta en las secciones anteriores, se han seleccionado inicialmente los siguientes factores para su estudio:

1. Versión de P-TRAP

- Versión por defecto
- Versión propuesta

Potencialmente, la cantidad de factores que influyen en las variables de respuesta es infinita; sin embargo, por razones de tiempo y presupuesto se han seleccionado las que se considera ejercen mayor influencia en las variables de respuesta. Algunos factores que no se considerarán en esta investigación pero que también pueden ejercer influencia son:

- Pre-procesamiento aplicado a muestras
- Otros parámetros muestrales

7.1.3 Variables de respuesta

La variable de respuesta corresponde a la métrica detallada en la sección 3.5 de este documento:

- Exactitud (accuracy)

7.1.4 Recolección de datos

Una vez ejecutados los experimentos durante el desarrollo de la tesis, se deben recolectar los resultados de estos. La obtención de las distintas variables de respuesta la hará de forma automática el programa que se desarrollará.

7.1.5 Análisis estadístico

El análisis de varianza unifactorial por rangos, de Kruskal-Wallis[9], es una prueba útil para decidir si k muestras independientes provienen de diferentes poblaciones.

La técnica de Kruskal-Wallis[9] prueba la hipótesis nula de que las k muestras provienen de la misma población o de poblaciones idénticas con la misma mediana. Para especificar explícitamente la hipótesis nula y alterna, θ_j debe ser la mediana de la población para el j -ésimo grupo o muestra. Entonces podemos escribir la hipótesis nula de que las medianas son las mismas como:

$$H_0 : \theta_0 = \theta_1 = \dots \theta_k$$

Por su parte la hipótesis alterna puede ser escrita de la siguiente forma (para algunos grupos i y j):

$$H_1 : \theta_i \neq \theta_j$$

Si la hipótesis alterna es verdadera, al menos un par de grupos tienen medianas diferentes. Según la hipótesis nula, la prueba supone de las variables en estudio tienen la misma distribución subyacente [10].

7.2 Ambiente de desarrollo

El desarrollo de este proyecto se va realizar en una máquina de 64 bits con Windows 8.1 Enterprise. La herramienta P-TRAP[13] fue desarrollada en el lenguaje de

programación Java por lo que nosotros utilizaremos NetBeans [12] en su versión 8.0.1 como nuestro ambiente integrado de desarrollo. Asimismo, utilizaremos la versión 9.0 de MATLAB [11] para la integración con el algoritmo *Fast Radial Symmetry Transform*[8].

8 Plan de trabajo

En esta sección se crea un plan de trabajo a partir de los entregables enumerados anteriormente. De acuerdo con lo estipulado por la Escuela de Ingeniería en Computación del Instituto Tecnológico de Costa Rica, el tiempo definido para completar la investigación propuesta es de 16 semanas. Por ende, el plan de trabajo acomoda los entregables en este período de tiempo.

Para ilustrar el cronograma de actividades se elaboró el siguiente diagrama Gantt para la administración de proyectos seguido de una tabla descriptiva de los entregables:

Entregables	Semanas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Preparar ambiente de desarrollo	■	■														
Desarrollo de la nueva versión de P-TRAP		■	■	■	■	■										
Ejecutar diseño de experimentos							■	■								
Documento de resultados									■	■						
Realizar pruebas estadísticas para aceptar o rechazar hipótesis										■	■	■				
Documento de tesis													■	■	■	
Preparación de la defensa															■	■

Tabla 1: Cronograma de actividades

Entregables	Objetivos	Duración (semanas)
Preparar ambiente de desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar las herramientas que se van a utilizar en el desarrollo • Realizar el preprocesamiento de las imágenes 	2
Desarrollo de la nueva versión de P-TRAP	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar la versión de P-TRAP incorporando el algoritmo "Fast Radial Symmetry" 	4
Ejecutar diseño de experimentos	<ul style="list-style-type: none"> • Ejecutar el diseño de experimentos propuesto sobre el conjunto de imágenes de granos de café 	2
Documento de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Documentar los resultados obtenidos en el paso anterior 	2
Realizar pruebas estadísticas para aceptar o rechazar hipótesis	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar el análisis estadístico respectivo sobre los resultados obtenidos 	2
Documento de tesis	<ul style="list-style-type: none"> • Redactar formalmente en el documento de tesis todo el trabajo realizado 	3
Preparación de la defensa	<ul style="list-style-type: none"> • Crear presentación formal para la presentación ante el jurado 	2

Tabla 2: Detalle de los entregables

Bibliografía

- [1] D. C. Montgomery. *"Guidelines for designing experiments, design and analysis of experiments."* 5th Edition, 2000, pp. 13-17.
- [2] Reinhard Klette. *"Concise Computer Vision: An Introduction into Theory and Algorithms"* First Edition, 2014.
- [3] Periasamy, A. *"Matching of Different Rice Grains Using Digital Image Processing"*, 2013.
- [4] El-Helly, M, Ahmed, R, El-Gammal, S. *"An Integrated Image Processing System for Leaf Disease Detection and Diagnosis"*, 2003.
- [5] Wang, W., Wang, Y., Ji, T. *"Grains Automatic Counting Method Based on Computer Version"*, 2012.
- [6] Nuske, S, Achar, S, Bates, T, Narasimhan, S, Singh, S. *Yield Estimation in Vineyards by Visual Grape Detection*, 2011.
- [7] Kumar, N, Belhumeur, P, Biswas, A, Jacobs, D, Kress, W, Lopez, I, Soares, J. *Leafsnap: A Computer Vision System for Automatic Plant Species Identification*, 2012.
- [8] Loy, G., Zelinsky, A. *"A Fast Radial Symmetry Transform for Detecting Points of Interest"*, 2002.
- [9] William H. Kruskal and W. Allen Wallis. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *"Journal of the American Statistical Association* 47 (260): December 1952.

- [10] Montaña, M. "*Estadística no paramétrica para la toma de decisiones del ingeniero industrial en la industria maquiladora*", pp. 10-11.
- [11] MATLAB and Statistics Toolbox Release 2012b, The MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts, United States.
- [12] Netbeans IDE. URL <http://www.netbeans.org>.
- [13] AL-Tam, F, Adam, H, dos Anjos, A, Lorieux, M, Larmande, P, Ghesquiere, A, Jouannic, S, Reza, H. "*P-TRAP: a Panicle Trait Phenotyping tool*", 2013.
- [14] Platero, C. "*Apuntes de Visión Artificial*", 2009, pp. 11-22.
- [15] Newhall, B. "*Hisotria de la Fotografía*", 2002.