

MODELACIÓN DEL CONTENIDO DE CLOROFILA BASADO EN LA
REFLECTANCIA MEDIDA POR ESPECTRORADIOMETRÍA DE CAMPO EN
CAÑA DE AZÚCAR



HAROLD ANDRÉS BEDOYA DUQUE
JOSÉ LUIS RENDÓN VALENCIA

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMÁTICA
INGENIERÍA TOPOGRAFICA
SANTIAGO DE CALI
2014

MODELACIÓN DEL CONTENIDO DE CLOROFILA BASADO EN LA
REFLECTANCIA MEDIDA POR ESPECTRORADIOMETRÍA DE CAMPO EN
CAÑA DE AZÚCAR

HAROLD ANDRÉS BEDOYA DUQUE
JOSÉ LUIS RENDÓN VALENCIA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de Ingenieros
Topográficos

Dirigido por:
Francisco Luis Hernández Torres

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMÁTICA
INGENIERÍA TOPOGRAFICA
SANTIAGO DE CALI

2014

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
2. OBJETIVOS.....	18
2.1 OBJETIVO GENERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3. JUSTIFICACIÓN.....	19
4. MARCO CONCEPTUAL	21
4.1 TELEDETECCIÓN.....	21
4.2 SENSORES REMOTOS	22
4.3 CLOROFILA.....	22
4.4 NITRÓGENO	22

4.5 SUELO.....	23
4.6 FERTILIZANTES.....	23
4.7 ESPECTRÓMETRO.....	23
4.8 ESPECTROFOTOMETRÍA.....	24
4.9 INDICES DE VEGETACIÓN.....	25
4.10 INDICES ESPECTRALES.....	25
4.11 ÍNDICES ESPECTRALES PARA LA ESTIMACIÓN DE CLOROFILA.....	26
4.12 INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN Y LA PLANTA.....	27
4.13 PROPIEDADES ESPECTRALES DE LAS PLANTAS.....	29
4.14 EL LÍMITE ROJO RED EDGE.....	30
4.15 ESTRÉS NUTRIMENTAL Y REFLECTANCIA ESPECTRAL.....	31
4.16 IMPORTANCIA DE N PARA LAS PLANTAS.....	32
4.17 DIAGNÓSTICO NUTRIMENTAL.....	34
5. MARCO TEÓRICO.....	36
5.1 DISEÑO FACTORIAL GENERAL.....	36

5.2 PRUEBA POST-ANOVA.....	41
5.3 TEST DE TUKEY.....	41
5.4 PRUEBA DE BARTLETT.....	42
5.5 MODELO DE REGRESIÓN SIMPLE.....	43
5.6 VALIDACIÓN DEL SUPUESTO DE NORMALIDAD.....	44
5.7 VALIDACIÓN DEL SUPUESTO DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA.....	44
6. MARCO REFERENCIAL.....	46
7. METODOLOGÍA.....	55
7.1 FASE 1. TRABAJO DE CAMPO.....	56
7.1.1 DISEÑO DE EXPERIMENTO.....	56
7.1.2 TOMA DE FIRMAS ESPECTRALES.....	57
7.1.3 CONTROL DE FACTORES FÍSICOS QUE AFECTAN LA RADIOMETRÍA DE CAMPO.....	58
7.1.3.1 CONTROL DE LA ENERGÍA INCIDENTE.....	58
7.1.3.2 CONTROL DE LA REFLECTIVIDAD DE FONDO.....	59
7.1.3.3 ESTANDARIZACIÓN DEL ÁREA DE MUESTREO.....	59

7.1.4 CAPTURA DE REFLECTANCIA.....	59
7.1.5 CONFIGURACIÓN DE LA LONGITUD DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	60
7.2 FASE 2. PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	60
7.3. FASE 3. EVALUACIÓN DE INDICADORES.....	62
8. RESULTADOS.....	63
8.1 ANÁLISIS DE LOS INDICADORES.....	67
9. DISCUSIÓN.....	80
10. CONCLUSIONES.....	84
BIBLIOGRAFÍA.....	87
ANEXOS.....	94
ANEXO 1. DIAGRAMA QQPLOT.....	94
ANEXO 2. RESPUESTA ESPECTRAL CAPTURADA CON EL ESPECTRORADIÓMETRO EPP200 UVN-SR-14 BW 16 DE LA COMPAÑÍA STELLAR NET.....	94
ANEXO 3. NIVELES DE CLOROFILA MEDIDOS CON EL CLOROFILÓMETRO SPAD-052 MINOLTA.....	129

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Extracción de nutrientes (Kg/ ha/ año)	15
Tabla 2. Índices espectrales implementados	27
Tabla 3. Componentes del cálculo de varianza	38
Tabla 4. Dosificaciones de nitrógeno	57
Tabla 5. Fechas de trabajo de campo	57
Tabla 6. Factores de Análisis de Varianza	60
Tabla 7. Etiquetas para cada variedad	63
Tabla 8. Promedio de clorofila por dosis de N	64
Tabla 9. Resultados de la aplicación del Análisis de Varianza ANOVA	66
Tabla 10. Resultados de las pruebas de Tukey	66
Tabla 11. Coeficientes de correlación y R ² por indicador	75
Tabla 12. Transformaciones de linealización	76

Tabla 13. Resultados de los indicadores transformados	76
Tabla 14. Coeficientes para la construcción del modelo ajustado	77
Tabla 15. Modelo ajustado incluyendo el tipo de solución	78
Tabla 16. Modelos por tipo de solución	79
Tabla 17. Comparación entre los índices propios y los usados por Murillo et al. (2012)	82

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama general de la metodología	55
Figura 2. Montaje experimental	56
Figura 3. Espectroradiómetro	58
Figura 4. Probeta de reflectancia para espectroradiómetro AS-003	58
Figura 5. Distribución de la cantidad de clorofila por variedad	64
Figura 6. Distribución de clorofila vs. solución	65
Figura 7. Firmas espectrales de la planta por dosis	68
Figura 8. Correlación y firma espectral promedio	69
Figura 9. Firmas espectrales por dosis	70
Figura 10. Diagrama de dispersión de Clorofila vs. ZTM	71
Figura 11. Diagrama de dispersión de Clorofila vs. RM	71
Figura 12. Diagrama de dispersión de Clorofila vs. VOG1	72

Figura 13. Diagrama de dispersión de Clorofila vs. VOG2	72
Figura 14. Diagrama de dispersión de Clorofila vs. VOG3	73
Figura 15. Diagrama de dispersión de Clorofila vs. MCARI	73
Figura16. Diagrama de dispersión de Clorofila vs. GM1	74
Figura 17. Diagrama de dispersión de Clorofila vs. GM2	74
Figura 18. Diagrama de dispersión de Clorofila vs. NDVI	75
Figura 19. Diagrama de dispersión de clorofila vs. RM	78

RESUMEN

En el siguiente trabajo, se desarrolló un experimento en invernadero con el fin de hacer uso de la espectroradiometría como herramienta que facilita la determinación o predicción de los niveles de clorofila en la caña de azúcar. Veinte (20) variedades de caña fueron estudiadas en este proyecto, haciendo uso de diferentes dosis de Nitrógeno: 14 mM, 8 mM, 2 mM, con solución alta, media y baja, respectivamente. A dichas variedades se les midió la respuesta espectral en un rango de reflectancia que estuvo entre los 400 y 950 Nm. Además de ello, se les realizó una toma semanal durante cinco semanas con el objetivo de analizar el aprovechamiento que cada variedad de caña tuvo respecto a las dosificaciones de nitrógeno aplicadas, y partiendo de su concentración de clorofila.

Cabe anotar que, a pesar de que se realizaron cinco tomas de firmas espectrales, únicamente se pudo realizar el análisis a aquellos datos tomados el 16 de abril, debido a que solo en ese día se contó con datos Spad que hicieran posible la validación del proceso estadístico.

Se evaluó, entonces, mediante un Análisis de Varianza (ANOVA), el aprovechamiento de las dosificaciones de N con respecto a las concentraciones de clorofila medidas en las plantas. Los datos obtenidos, gracias al uso de espectroradiometría de campo, y en conjunto con los índices de vegetación encontrados en la bibliografía consultada, los que se evaluaron por medio del uso de los coeficientes de Correlación de Pearson y de Determinación (R^2) en relación con las mediciones de clorofila hechas en unidades *Spad*. Al final, se tomó el mejor índice y se empleó en un modelo lineal estimado por mínimos cuadrados, con el propósito de hacer la predicción de los niveles de Clorofila.

Palabras clave: Espectroradiómetro, Contenido de clorofila, Unidades *Spad*, Cultivo hidropónico, Firmas espectrales.

INTRODUCCIÓN

El departamento del Valle del Cauca posee las condiciones idóneas para el crecimiento del cultivo de caña de azúcar: brillo solar permanente e intenso a lo largo del año, caída adecuada de temperatura entre el día y la noche, disponibilidad de agua, lluvias adecuadas y fertilidad en los suelos (Perafán, 2009). En esta zona del país, el cultivo se cosecha de forma continua durante todo el año y no en forma estacional o por zafra como se hace en el resto del mundo. Por tal razón, se dice que el cultivo de caña del Valle produce el 95.56% de las toneladas producidas en todo el país (Mincomercio, 2013).

La productividad de los cultivos depende de las propiedades físicas, biológicas (aire o agua) y químicas que se encuentran en el suelo. De ahí que, si estos componentes son alterados por diversas prácticas agrícolas, se generan pérdidas de nutrientes en la tierra que solo podrán reponerse con la adición de fertilizantes nitrogenados tales como la urea, que son los más usados en la agricultura ya que N es un nutriente esencial en el crecimiento de las plantas; es parte constitutiva de cada célula viva (Romero et al, 2008).

Sin embargo, de acuerdo con Luna (2006), en las granjas estadounidenses, el N tiene una tasa de eficiencia del 50% puesto que sólo la mitad es utilizada realmente por las plantas; el resto se convierte en dañino ácido nítrico. La necesidad de los cultivadores de caña de azúcar es, pues, ajustar el aporte de nitrógeno a las necesidades reales de la planta, ya que estas varían a lo largo del ciclo. Lo anterior hace que sea importante monitorear constantemente el estado de la planta.

Algunos estudios han demostrado que la clorofila está estrechamente relacionada con la concentración de N y, por tanto, refleja el estado nutricional con

respecto a este importante nutriente: el N es necesario para la síntesis de la clorofila y, como parte de esta molécula, está involucrado en el proceso de fotosíntesis (Salisbury, 1992). Por esa razón, se propone estimar el contenido de clorofila con el uso de sensores remotos ya que el seguimiento que se le realice a la planta permitiría tomar correcciones durante su crecimiento y desarrollo, lo cual garantizaría un aprovechamiento total de los fertilizantes y las labores de agricultura y, a su vez, permitiría mantener un estado óptimo de producción por hectárea cultivada (España, 2006).

Este proyecto pretende evaluar el aprovechamiento de diferentes dosificaciones de Nitrógeno a través del estudio del contenido de clorofila de la caña de azúcar en un cultivo hidropónico y en su etapa de desarrollo, mediante la implementación de técnicas más eficientes, precisas y económicas, como la percepción remota, herramienta que permite realizar estudios no invasivos o destructivos. Con los resultados obtenidos, se espera corregir problemas tales como la deficiencia de nutrientes durante el período vegetativo (Lee et al, 2010).

1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

El Valle del Cauca está ubicado al sur occidente colombiano y cuenta con una superficie de 22.140 Km², de los cuales, aproximadamente, 2.435 Km² están destinados a la agricultura, lo que corresponde al 11% del suelo departamental. De este espacio, el cultivo de caña de azúcar es el que tiene mayor participación, dado que se producen 1.969.895 toneladas anuales, en contraste con las 183.710 que se producen con el plátano, alimento que le sigue a la caña en la lista.

Según Romero et al. (2008), la caña de azúcar posee altos requerimientos nutricionales debido a su elevada capacidad de producción en material vegetal (tallos molibles, follaje, cepa y raíces) y a la prolongada duración de su ciclo. Esta última razón es la responsable de que se efectúe una elevada extracción de nutrientes del suelo (sobre todo Nitrógeno y Potasio) que bien pueden alcanzar niveles de 300-350 Kg por hectárea y por año, tal y como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Extracción de nutrientes (Kg/ ha/ año)

EXTRACCION DE NUTRIENTES (800 – 1500 Kg/ ha/ año)	
Macronutrientes	Kg/ha/año
Potasio	300 – 350
Nitrógeno	130 – 200
Fosforo	80 – 100
Calcio	55 - 60
Magnesio	35 – 45
Azufre	20 - 30

En el cuadro anterior, la falta de nutrientes se puede ver reflejada en niveles bajos de clorofila (algunos estudios demuestran que el Nitrógeno y la Clorofila están

estrechamente ligados ya que el primero es necesario para la síntesis del segundo y, además, como parte de esta molécula, el Nitrógeno está igualmente involucrado en el proceso de fotosíntesis (Salisbury, 1992)).

Los principales efectos derivados de la aplicación de N en el cultivo se evidencian en un mayor y más rápido macollaje (mayor población de tallos), como también en un mayor crecimiento vegetativo (más follaje y mayor altura y peso por tallo), lo que permite determinar un mayor rendimiento por hectárea en la caña de azúcar. Por otro lado, las aplicaciones excesivas de N, especialmente, cuando se hacen de forma tardía, afectan negativamente la calidad del jugo, reducen su pureza y aumentan los azúcares reductores (glucosa y fructuosa), lo que produce reducciones significativas en el contenido de sacarosa de la caña (Subirós, 1995).

A lo largo de la historia, se han creado diferentes mecanismos para analizar los componentes químicos de la planta, pero estas técnicas tradicionales han terminado siendo tardías, costosas y destructivas. Por ello, en el afán de mitigar esos inconvenientes, se ha optado por implementar el medidor *Spad* que, en una escala de 0 – 99, clasifica el nivel de clorofila de la planta, precisamente, en unidades *Spad*. Esta herramienta suele ser muy usada en la agricultura experimental con el fin de llevar un control de los niveles de los nutrientes que tiene la planta.

No obstante, el medidor de clorofila *Spad* también presenta inconvenientes en tanto su uso requiere de un procedimiento largo y engorroso. El simple hecho de que requiera el contacto físico con la hoja implica toda una odisea, pues, en un día de suerte normal, se siembran más de 500 esquejes. Por esto, el presente estudio pretende generar una metodología basada en el uso de la espectroradiometría, que permita capturar datos del cultivo de una manera más rápida, no invasiva y no destructiva. Mediante este equipo, se hace posible captar la reflectancia de la planta

sin necesidad de tocarla y, lo que es más, en intervalos de 0.5 Nm, permitiendo obtener información más detallada y multipropósito.

En este orden de ideas, a partir de la información obtenida, se realizará un índice de vegetación con el que se puedan medir los niveles de clorofila del cultivo en unidades *Spad*, con la posibilidad de ampliar su aplicación y uso.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar el aprovechamiento de las dosificaciones de Nitrógeno, a partir de la concentración de Clorofila en diferentes variedades de caña de azúcar.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar qué dosificación de Nitrógeno genera mayores niveles de Clorofila en unidades *Spad*.
- Aplicar índices basados en la reflectancia (RM, MCARI), Vogelmann (VOG1 y VOG2), Gitelson y Merzlyak (GM1 y GM2, ZTM y NDVI) para calcular el contenido de la Clorofila.
- Modelar la concentración de Clorofila en niveles *Spad*, a partir de un índice propuesto que está basado en la reflectancia medida por espectroradiometría de campo sobre 20 variedades de caña de azúcar con diferentes dosificaciones de Nitrógeno.

3. JUSTIFICACIÓN

Conocer el aprovechamiento real del Nitrógeno en la caña de azúcar resulta de gran importancia a la hora de evaluar la productividad de este cultivo porque las necesidades nutricionales de cualquier cañaveral están limitadas por la cantidad total de nutrientes que éste extrae del suelo durante su crecimiento y desarrollo (Romero et al., 2008).

La técnica más usada para la determinación cuantitativa de Nitrógeno total es la de *kjeldahl* (Bremner y Mulvaney, 1982), que fue desarrollada en el siglo pasado y, que, prácticamente, no ha sido modificada, debido al firme principio químico en que se fundamenta. No obstante, tiene los inconvenientes de requerir equipo especializado y de generar un aumento en el costo de la determinación, pues cuando se tiene un gran número de muestras para analizar, el gasto de reactivos es excesivo (Wood, Reeves y Himelrich, 1994). Otro de sus inconvenientes es el tiempo invertido desde la toma de la muestra hasta su preparación y análisis.

Asimismo, la determinación de Clorofila en tejidos vegetales por extracción con acetona a 80% o con N.N-dimetilformamida (Moran, 1982) es un método utilizado para estimar el estado nutrimental del cultivo en lo que respecta al Nitrógeno, el Magnesio y el Fierro, principalmente (Sachdchina y Dimitrieva, 1995), pero conlleva los mismos inconvenientes de tiempo y costo que la técnica de *kjeldahl*.

No obstante, la espectroscopia VIS-NIR brinda varias ventajas sobre las determinaciones tradicionales de laboratorio, entre ellas, que físicamente no es destructiva e invasiva y, además, que requiere poca preparación de las muestras, obteniendo precisiones altas en la determinación (Vesela et al., 2007). Adicionalmente, es más rápida y de precisión similar a las vías húmedas, pero evita

la utilización de reactivos tóxicos o corrosivos en los procesos de análisis. Al permitir el monitoreo constante del estado de las plantas, podría pensarse en que su uso en la agricultura tiene un futuro prometedor (Lee et al., 2010) pues permite saciar las necesidades de los nutrientes durante el desarrollo del cultivo y no solo al final de la temporada. Ello conllevaría a generar prácticas agrícolas más eficaces que suavizaran el impacto ambiental, aumentarían la vida útil del suelo y disminuirían los gastos ocasionados por la fertilización.

4. MARCO CONCEPTUAL

4.1 TELEDETECCIÓN

El término teledetección es una traducción del inglés *remote sensing*, y se refiere no solo a la captación de datos desde el aire o el espacio, sino también a su posterior tratamiento. Si se hiciera una definición más formal, la teledetección se describiría como la técnica que permite adquirir y estudiar los datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, en virtud de la interacción electromagnética existente entre la tierra y el sensor, y proviniendo la fuente de radiación ya sea del sol (teledetección pasiva) o del propio sensor (teledetección activa) (Chuvieco, 2007).

Los sentidos solo perciben un objeto cuando logran descifrar la información que éste les envía y cuando su propia visión es, en sí, un proceso de teledetección, en el que participan principalmente tres elementos (Chuvieco, 2007):

1. Sensor: el ojo.
2. La película fotográfica: el objeto observado
3. Flujo energético, que permite poner a los dos anteriores en relación.

Este flujo procede del objeto ya sea por reflexión de la luz solar (color de los objetos), por emisión propia o, también, podría tratarse de energía emitida por el propio sensor y reflejada por el objeto, en cuyo caso, la teledetección recibe el nombre de ACTIVA, por oposición a la teledetección PASIVA, en la que la fuente energética es el sol.

La posibilidad de adquirir información a distancia se basa en la especificidad de la interacción entre la radiación electromagnética y la materia, pues todos los

objetos tienen una respuesta espectral propia, a pesar de que presenten una combinación espectral similar a la de otros objetos o superficies que cuentan con las mismas características u homogeneidad.

4.2 SENSORES REMOTOS

Un sensor remoto es un instrumento capaz de detectar, caracterizar y cuantificar la energía proveniente de los objetos situados a distancia, con lo que se logra obtener información relevante de ciertas características que poseen dichos objetos.

4.3 CLOROFILA

Las clorofilas son una familia de pigmentos de color verde que se encuentran en las cianobacterias y en todos aquellos organismos que contienen plastos en sus células, lo que incluye las plantas y los diversos grupos de protistas llamados algas. Estas moléculas son las responsables de captar la energía luminosa en los primeros eventos de la fotosíntesis.

4.4 NITRÓGENO

El nitrógeno es un elemento químico, de número atómico 7, símbolo N y que, en condiciones normales, forma un gas diatómico (nitrógeno diatómico o molecular) que constituye el 78% del aire atmosférico. En ocasiones, es llamado ázoe — antiguamente, se usó el símbolo Az para representar el nitrógeno—.

4.5 SUELO

Se denomina suelo a la parte no consolidada de la corteza terrestre, biológicamente activa, que tiende a desarrollarse en la superficie de las rocas

emergidas por influencia de la intemperie y los seres vivos (meteorización). Los suelos son sistemas complejos donde ocurre una vasta gama de procesos químicos, físicos y biológicos, los cuales se ven reflejados en la variedad de suelos existentes en la tierra. A grandes rasgos, puede decirse que los componentes del suelo se dividen en sólidos, líquidos y gaseosos, y generalmente corresponden a minerales y material orgánico como el agua y el aire. De manera más esquemática, vale decir que la pedosfera, el conjunto de todos los suelos, abarca partes de la litosfera, la biosfera, la atmósfera y la hidrosfera.

4.6 FERTILIZANTES

Son un tipo de sustancia o mezcla química, natural o sintética, usada para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal. Las plantas no necesitan compuestos complejos del tipo de las vitaminas o aminoácidos, pues ellas sintetizan todo lo que precisan. No obstante, exigen una docena de elementos químicos que deben presentarse de forma tal para que la planta los pueda absorber. Dentro de esta limitación, el nitrógeno, por ejemplo, puede administrarse con igual eficacia en forma de urea, nitrato, compuestos de amonio o amoníaco puro.

4.7 ESPECTRÓMETRO

El espectrómetro es un instrumento de medición que analiza el tipo de espectro que emite una fuente o que es absorbido por una sustancia que se encuentra en el camino de la luz producido por una fuente. Estos espectros de emisión o de absorción son como una huella digital de las sustancias que componen la naturaleza.

El funcionamiento del espectrómetro está basado en la descomposición de la luz de las diferentes longitudes de onda que la componen, a partir de los fenómenos de refracción -que sucede en un prisma- o difracción -que se produce

en una red de difracción-. Este instrumento mide los ángulos en los cuales se presentan los máximos del patrón de difracción. Dichos ángulos son diferentes y caracterizan la naturaleza de la fuente que emite la luz. Las componentes básicas de un espectrómetro son un conjunto de lentes, un colimador, una rejilla de difracción y un ocular. Anteriormente, para detectar el espectro se hacía a simple vista, pero, hoy en día, puede fotografiarse e, incluso, se pueden usar sensores de luz que marcan los máximos y mínimos.

4.8 ESPECTROFOTOMETRÍA

Todas las sustancias pueden absorber energía radiante; aún el vidrio que parece ser completamente transparente absorbe radiación de longitudes de onda que no pertenecen al espectro visible. La absorción de las radiaciones ultravioletas, visibles e infrarrojas depende, pues, de la estructura de las moléculas y es característica de cada sustancia química.

Cuando la luz atraviesa una sustancia, parte de la energía es absorbida (la energía radiante no puede producir ningún efecto sin ser absorbida). El color que adquieren las sustancias mismas se debe a que absorben ciertas longitudes de onda de la luz blanca que incide sobre ellas y solo dejan pasar a nuestros ojos aquellas longitudes no absorbidas.

La espectrofotometría ultravioleta-visible usa haces de radiación del espectro electromagnético que van de 80 a 400 nm en el rango UV (principalmente, de 200 a 400 nm, lo que se conoce como rango UV cercano) y de 400 a 800 nm en el rango de luz visible, por lo que es de gran utilidad para caracterizar los materiales en la región ultravioleta y visible del espectro. No está de más mencionar el hecho de que la absorción y transmitancia de luz depende tanto de la cantidad de la concentración como de la distancia recorrida.

4.9 ÍNDICES DE VEGETACIÓN

El cálculo de índices de vegetación es una técnica muy utilizada dentro del campo de la teledetección. Chuvieco (1996) menciona el mejoramiento de la discriminación entre dos cubiertas que presentan un comportamiento reflectivo muy distinto en dos o más bandas, por ejemplo, con el fin de realzar los suelos y la vegetación en el visible e infrarrojo cercano, y para reducir el efecto del relieve (pendiente y orientación) en la caracterización espectral de distintas cubiertas.

4.10 ÍNDICES ESPECTRALES

Los índices de vegetación (VI por sus siglas en inglés) combinan información espectral contenida en dos o más bandas, usualmente en el VIS y NIR, o ambos. Estos índices tienen como objetivo la extracción de información óptima sobre los objetos investigados. Al respecto, Mirik et al., (2007) y Mandal et al., (2007) afirman que algunos de estos índices son muy útiles en la medición de parámetros de los cultivos tales como el área foliar, el porcentaje de biomasa verde, la productividad y la actividad fotosintética. Dentro de dichos índices, se destaca el *NDVI (Normalized Differences Vegetation Index)* que está asociado a la variabilidad de la clorofila de las hojas, su contenido de nitrógeno y la producción de caña de azúcar.

Por citar algunos ejemplos, se encuentra el índice de vegetación verde (*VI Green*) derivado de la reflectancia espectral de las bandas verde y roja, y utilizado por Zhao et al. (2005) tanto para determinar el contenido de proteína en hojas de trigo que están en el estado de antesis como para predecir el contenido de proteína en el momento de cosecha. González y Mateos (2008), por su parte, evaluaron los índices de vegetación *NDVI* y *SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)* obtenidos a través de percepción remota como estimadores del crecimiento de algodón y remolacha azucarera, estando relacionados con la cobertura del suelo, la biomasa y el índice de área foliar.

Por último, Suárez (2010) encontró que al realizar vuelos con un sensor hiperspectral y utilizar el índice de vegetación PRI (*Photochemical Reflectance Index*), podían detectarse cambios diurnos en los indicadores del estrés hídrico tales como la diferencia entre la temperatura del aire y la temperatura del dosel, la conductancia estomática y el potencial hídrico en el tallo.

4.11 ÍNDICES ESPECTRALES PARA LA ESTIMACIÓN DE CLOROFILA

En la revisión bibliográfica realizada, se encontró que el espectro de la planta presentaba una meseta entre los 750-800 Nm, determinada por la estructura y la composición de la hoja, y no por el contenido de clorofila pues la influencia de esta sustancia indujo un mínimo en los alrededores correspondiente a 670 Nm. De acuerdo con lo anterior, se puede decir que, a mayor presencia de clorofila, mayor profundidad del espectro con respecto a la meseta superior.

Dentro de una hoja, además de la clorofila, se encuentran pigmentos que tienen una importante absorción espectral en la región del azul, como son los carotenoides. Por tanto, el mejor intervalo para estudiar la clorofila a través de técnicas de percepción remota es el comprendido entre los 600 y 700 Nm (Cendrero et al., 2004).

Según Mirik et al. (2007), el espectro de reflectancia de plantas adultas y sanas se caracteriza por una fuerte absorción (baja reflectancia) en el azul (400-500 Nm), un incremento en la reflectancia en el verde (500-600 Nm), una alta absorción en el rojo (600-700 Nm) y una fuerte reflectancia y transmitancia en el infrarrojo (NIR) (700 a 1500 Nm). Por su parte, la respuesta en reflectancia en la región VIS (400-700) está gobernada en las plantas por el efecto y comportamiento de las clorofilas, carotenos y antocianinas.

La reflectancia normal es baja en la región de 480 y 680 Nm debido a la absorción de clorofila y otros pigmentos, y es alta en el NIR debido a la estructura micro celular de la hoja y la estructura del dosel. Por lo anterior, en este proyecto, se implementó el uso de índices de vegetación que utilizaran el intervalo del espectro electromagnético comprendido entre 550 y 750 Nm, ya que este rango sería de gran utilidad para la estimación de clorofila.

Tabla 2. Índices espectrales implementados

INDICE	FORMULA
Modified Chlorophyll Absorption In Reflectance Index	$MCARI = [(R700 - R670) - 0,2(R700 - R550)] R700 / R670$
Vogelman Indices	$Vog1 = (R740) / (R720)$
	$Vog2 = (R734 - R747) / (R715 + R726)$
	$Vog3 = (R734 - R747) / (R715 + R720)$
Gitelson And Merzlyak -1997	$GM1 = R750 / R550$ $GM2 = R750 / R700$
Zarco-Tejada & Miller (2001)	$ZTM = (R750) / (R710)$
Red – Edge Model (R-M)	$R-M = R750 / R720 - 1$
Normalized Difference Vegetation Index	$NDVI = (R800 - R670) / (R800 + R670)$

4.12 INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN Y LA PLANTA

La reflectancia y la transmisión son definidas como las tasas de radiación reflejada o transmitida de la radiación incidente. La radiación incidente que no es reflejada o transmitida por la hoja es absorbida. La interacción entre la radiación solar y las moléculas de las plantas controla la reflectancia visible e infrarroja. Los componentes bioquímicos y estructurales influyen en la tendencia de las plantas a absorber, transmitir y reflejar distintas longitudes de onda de la radiación solar que esté entre los 300 y 3000 Nm.

La absorción de radiación de onda corta por parte de las plantas es controlada por interacciones moleculares que ocurren dentro del tejido vegetal, en

donde los electrones absorben la radiación solar entrante en longitudes de onda controladas por uniones químicas y estructurales (Gates et al., 1965). Por tanto, los cambios en las concentraciones de los químicos absorbentes proporcionan una base para los cambios en la absorción, transmisión y reflectancia vegetal. Los dos componentes de absorción visible e infrarroja que hay en las hojas de las plantas, principalmente, son la clorofila y el agua.

La absorción por clorofila es afectada por las transiciones de electrones entre 430 y 460 Nm, y 640 y 660 Nm (Taiz y Zeiger, 2002), mientras que las bandas de absorción del agua están alrededor de 970 Nm, 1200 Nm, 1450 Nm, y 1780 Nm. Otros compuestos bioquímicos absorbentes que resultan importantes son las proteínas, los lípidos, el almidón, la celulosa, el nitrógeno y los aceites. No obstante, vale anotar que, a través de la reflectancia infrarroja, la estimación de las concentraciones de estos compuestos es difícil de establecer dados los traslapes de las bandas de absorción de varios de los componentes bioquímicos.

Ahora bien, basado en el principio de que “todo objeto en la naturaleza posee una distribución única de radiación electromagnética que puede ser reflejada, transmitida o absorbida” (Soria et al., 1998), se crea la curva de firma espectral, en tanto cada especie vegetal presenta una reflectancia exclusiva influenciada ya sea por sus características morfológicas, fisiológicas, nutrimentales o por efecto de un déficit de humedad. En otras palabras, la firma espectral es distinta según las longitudes de onda. A propósito, Soria et al. (1998) añaden que la señal que recibe el sensor corresponde al **color**, es decir, la energía electromagnética reflejada.

4.13 PROPIEDADES ESPECTRALES DE LAS PLANTAS

Aunque la clorofila es el pigmento más importante en la fotosíntesis, en este proceso intervienen otros pigmentos que la complementan. Tal es el caso de la clorofila -a- (azul-verdoso) y -b- (verde amarillenta), y de los carotenos y xantofilas,

todos presentes en la membrana interna de los cloroplastos. Estos forman (junto con las proteínas portadoras) dos sistemas de pigmentos llamados foto sistema I (FSI) y foto sistema II (FSII), cada uno con cierto número de moléculas individuales. Mientras que el FSI contiene moléculas de clorofila –a-, clorofila –b- y carotenos, el FSII contiene en otras proporciones las dos clorofilas mencionadas y los carotenos.

Cada tipo de pigmento absorbe ciertas longitudes de onda de luz. Al haber un sistema formado por diferentes pigmentos, es más amplia la gama de longitudes de onda que pueden absorberse. La energía de excitación del electrón puede transferirse de molécula a molécula por un fenómeno llamado resonancia magnética, y de los receptores finales de esta energía se desprenden ciertas moléculas de la clorofila –a- a las que se les ha dado el nombre de centros de reacción. Allí, los electrones son excitados hasta un grado energético tal que abandonan la molécula y fluyen por una cadena de sustancias captoras y transportadoras de electrones a través de reacciones de óxido-reducción.

Existen aproximadamente 400 moléculas de pigmentos receptores de fotones en el centro de reacción; a este conjunto se le da el nombre de antena o complejo cosechador de luz. En relación con lo anterior, se cree que solo las moléculas de los centros de reacción son capaces de lanzar electrones fuera de la clorofila en dirección a los compuestos receptores de electrones, mientras que las demás moléculas de clorofila –a-, clorofila –b- y los otros pigmentos actúan como antenas para captar diversas longitudes de onda (azul-rojo) y transmitir esa energía de excitación, de molécula en molécula, hacia los centros de reacción.

En el FSI, las moléculas de clorofila –a- que se activan (oxidán) por una longitud de onda de 700 Nm constituyen el centro de reacción. Por ello, al FSI se le conoce como P700. Por su parte, el FSII se conoce como P680 ya que el centro de reacción está formado por las moléculas de clorofila -a- activadas con longitudes de onda de 680 Nm (Salisbury, 1992). La variación de la reflectancia del dosel está

regida por las propiedades ópticas de las hojas, las cuales están relacionadas con la capacidad de absorción de la luz (Baret et al., 1994). Dicha absorción llevada a cabo mediante el follaje de los cultivos en el espectro visible depende, sobre todo, de la concentración de las moléculas de clorofila y carotenoides.

Cabe anotar que la absorción se da en menor grado en la región de longitud de onda de 550 Nm, donde el pico de reflectancia es menor de 20%, regularmente. La deficiencia de algunos nutrimentos influye en que exista una menor cantidad de pigmentos y que, consecuentemente, el color de la hoja presente una menor intensidad, ocasionando ello una mayor reflectancia. Palacios-Vélez y Palacios-Sánchez (2003) dicen al respecto que plantas saludables reflejan más luz verde que plantas enfermas o cloróticas.

4.14 EL LIMITE ROJO (*RED EDGE*)

El límite rojo se sitúa entre los 670 y 760 Nm, es decir, en la zona de máxima pendiente de la curva de reflectividad típica de la vegetación, conectando así el lugar en que la reflectividad viene determinada por el contenido de la clorofila con la zona que depende de la biomasa verde. Es esta, pues, una región espectral especialmente sensible a la cantidad de vegetación, en la cual su estado (presencia de algún tipo de estrés) incrementa la concentración de clorofila en la planta y, a su vez, produce una polimerización de moléculas clorofila-clorofila (y, posiblemente, clorofila-proteína), la cual ocasiona menor profundidad y mayor amplitud en las características de absorción de la clorofila.

4.15 ESTRÉS NUTRIMENTAL Y REFLECTANCIA ESPECTRAL

La clorofila domina la reflectancia y transmisión de radiación visible de la hoja. Como dicen Taiz y Zeiger (2002), el N es un componente principal de la clorofila y la concentración de la misma, a menudo, se correlaciona estrechamente con la

concentración de N en las hojas (Costa et al., 2001). Así pues, la clorofila absorbe la radiación roja y azul, resultando esto en una poca reflectancia de dichos colores en la vegetación verde.

Por una parte, el pico de absorción azul se traslapa con la absorción de carotenoides, dando como resultado que la reflectancia azul, por lo general, no sea usada para estimar la concentración de clorofila (Sims y Gamon, 2002). Por su parte, la máxima absorción roja se da entre los 660 y 680 Nm (Curran, 1989), aunque bajas concentraciones de clorofila pueden saturar esta región de absorción (Sims y Gamon, 2002). Con lo anterior, se puede concluir que dicha concentración se predice, generalmente, por la reflectancia presente en un rango de 550 ó 700 Nm, pues estas regiones se saturan conforme hay mayores concentraciones de clorofila.

Algunas veces, los cambios en la forma del espectro de reflectancia ubicado entre los 550 y 660 Nm pueden ser usados para identificar clorosis (Carter y Spiering, 2002). El mesófilo de la hoja refleja una gran proporción de la radiación NIR (Taiz y Zeiger, 2002). En cuanto a la región de rápido incremento en reflectancia entre las zonas roja e infrarroja del espectro, esta es usada a menudo para indicar la salud de la planta (Jago, Curtier y Curran, 1999).

Según Horler et al. (1983), la concentración de la clorofila en las hojas se correlaciona con la máxima pendiente de reflectancia en el límite, entre los dominios espectrales rojo y NIR. Mientras tanto, Zhao et al. (2005) llevaron a cabo un experimento en plantas de sorgo usando la solución nutritiva de *Hoagland* al 100, 20 y 0% de N10 como fuente de nutrimentos. El equipo cuantificó la reflectancia en follaje y encontró que las plantas irrigadas con 0% de N presentaban un incremento lineal significativo en la reflectancia ubicada entre las longitudes de onda de 555 y 715 Nm ($r = -0.82$). Estos autores finalmente concluyeron que la concentración de

N en el follaje de sorgo podía ser estimado por medio de la reflectancia dada en dicha longitud de onda.

En el mismo año, Zhao et al. (2005) hicieron un experimento con algodón al que aplicaron N a 0,50, 100 y 200%, respectivamente, y, mediante la cuantificación de la reflectancia, determinaron que esta se relacionaba estrechamente con la concentración de N en el follaje. Dichos resultados también indicaron que era posible detectar la deficiencia de N de forma temprana, antes de que se diera un efecto irreversible en el cultivo. A propósito, Noh et al. (2006) mencionaron que las plantas deficientes en N presentaban una coloración amarilla que permitía no solo detectar la deficiencia sino también el grado de dicha deficiencia en ese nutrimento.

4.16 IMPORTANCIA DEL NITROGENO PARA LAS PLANTAS

El N es un elemento constituido por aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos, el cual actúa como un nutrimento de alta demanda para las plantas, pues aunque en las primeras etapas de su desarrollo estas requieren niveles bajos de N, la demanda incrementa conforme crecen y hasta que llegan a su etapa de madurez. Por lo anterior, en la etapa máxima de su desarrollo, algunas plantas pueden demandar entre 3 a 5 kg ha⁻¹ día⁻¹ y, posteriormente, la cantidad de N que requieren disminuye. Por tal razón, la materia seca vegetal puede alcanzar hasta el 6% de N y el intervalo de concentración en el tejido normalmente puede variar desde el 0.5 hasta el 6%.

Las grandes cantidades requeridas por las plantas, en combinación con la baja disponibilidad de N en los suelos agrícolas, hacen de éste el nutrimento limitante más frecuente para los cultivos (Epstein y Bloom, 2005). De acuerdo con Alcántar et al. (2007), el N está presente en coenzimas, nucleótidos, amidas, ureidos y, además, en la molécula de clorofila, participando en las reacciones enzimáticas y en general, en todo el metabolismo. Como resultado, se puede decir que N es

esencial en la división y expansión celular. Asimismo, de acuerdo con Pérez y Castro (2010), durante el crecimiento, dicha sustancia es constituyente de una multitud de compuestos llamados **alcaloides**, que no son metabolitos esenciales y que sirven como compuestos que almacenan N (Jones, Wolf y Mills, 1991).

La importancia de N es tal que una deficiencia de esta sustancia limita la división y expansión celular y el desarrollo de los cloroplastos, lo que produce plantas débiles y enanas, con crecimiento lento, que maduran precozmente, y con rendimiento y calidad significativamente bajos. Los síntomas iniciales y más severos se pueden observar en las hojas más antiguas, donde las proteínas se hidrolizan y el N es trastocado de aminoácido de los tejidos viejos a las porciones de la planta que están en crecimiento activo. La proteólisis resulta en un colapso de cloroplastos, con una disminución en el contenido de la clorofila y el amarillamiento de las hojas (Marschner, 1995).

El estrés nutrimental por deficiencia de N está involucrado con la producción de *nicotinamida adenina dinucleótido fosfato* (NADP+) y *adenosin trifosfato* (ATP), compuestos utilizados por la ribulosa-1-5-bisfosfato carboxilasa-oxigenasa (rebusco) para la fijación del CO₂. Es importante anotar que las plantas con exceso de N tienen un follaje de color verde oscuro más abundante y, además, tienden a ser más susceptibles a enfermedades y a la invasión de insectos debido a que su savia contiene gran cantidad de aminoácidos libres, azúcares y nitratos que las vuelven más atractivas (Cisneros y Goodfrey, 2001).

Por lo anterior, es indispensable conocer el contenido de N en los cultivos ya que ello contribuye, en gran medida, al crecimiento, rendimiento y desarrollo óptimo de la planta durante su ciclo fisiológico. Para medir dicho contenido, existen diversos métodos: desde los que emplean un balance entre demanda y suministro de N, los cuales requieren de análisis de laboratorio (Palma-López et al., 2002) hasta los que utilizan equipos portátiles, como el medidor de nitratos en savia (Rangel-Lucio et al.,

2002), el estimador de clorofila (Varvel et al., 2007) y los sensores remotos (Solari et al., 2008).

4.17 DIAGNÓSTICO NUTRIMENTAL

Mediante el estudio de la nutrición vegetal, se pretende establecer con qué capacidad actúan cada uno de los elementos esenciales para la planta, en qué cantidad son necesarios y cómo se puede asegurar que las plantas reciban estos elementos en la proporción y cantidad adecuada, diagnosticando y evitando problemas nutrimentales (Castro, 1998).

El dictamen nutrimental se basa en los métodos que permiten identificar deficiencias, toxicidades o desbalances en la planta, ocasionados cuando una sustancia es insuficiente o no puede ser asimilada por la planta, o bien, cuando existen condiciones de exceso, desbalance o condiciones ambientales desfavorables. En este sentido, la clorosis y la necrosis así como el patrón de distribución de ambas son criterios importantes en el diagnóstico nutrimental. Los síntomas visibles de la deficiencia de un nutrimento son más específicos que los de su toxicidad (Garate y Bonilla, 2001).

La estimación de las cantidades de nutrientes requeridos para alcanzar cierto rendimiento precisa tener conocimientos teóricos y manejo en el empleo de técnicas de análisis químico sobre el suelo y la planta. Estas últimas se emplean con el fin de medir los contenidos totales de los nutrientes que hay en la planta al momento de la colecta (cualquiera que esta sea), y corresponden a análisis realizados con anterioridad por otros autores. Estos datos, junto con los rendimientos esperados o posibles y los índices de cosecha respectivos (análisis de la savia y del total de la parte aérea de la planta, las hojas u otros órganos de referencia) se emplean para calcular la demanda nutrimental, esto es, los kilogramos por hectárea de una

sustancia que la planta debe extraer del suelo e incorporar a sus tejidos para alcanzar los rendimientos indicados.

5. MARCO TEÓRICO

Por lo general, los estudios que requieren llevar a cabo experimentos cuentan con los efectos de dos o más factores. Bajo estas circunstancias, los modelos más eficientes se denominan diseños factoriales y se entiende que, en cada ensayo o réplica completa del experimento, se investigan todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores. El efecto de un factor se define como el cambio en la respuesta producido por un cambio en el nivel del factor. En palabras de Montgomery y Peck (2005), con frecuencia, se establece un efecto principal relacionado con los factores de interés primarios del experimento.

Los diseños factoriales ofrecen diversas ventajas, entre ellas, que es más eficiente hacer uno de estos diseños en presencia de varios factores que aplicar un diseño de un solo factor a cada uno de ellos. Montgomery y Peck (2005) sugieren al respecto que los diseños factoriales tienen en cuenta posibles situaciones de interacción entre los mismos, lo cual evita llegar a conclusiones incorrectas al no tener en cuenta dicha relación tan significativa.

5.1 DISEÑO FACTORIAL GENERAL

En el caso de los diseños factoriales, se tienen en cuenta a niveles del factor A, b niveles del factor B, c niveles del factor C, etc., lo que quiere decir que, en general, habrá $abc...n$ observaciones totales si se hacen n réplicas del experimento completo. No obstante, es necesario que haya un mínimo de dos réplicas ($n > 2$) para determinar una suma de cuadrados debida al error, si todas las interacciones posibles están incluidas (Montgomery y Peck, 2005).

Para un modelo con efectos fijos, y para cada efecto principal y las interacciones, los estadísticos de prueba se calculan teniendo en cuenta el cuadrado medio del error. Todas estas pruebas se contrastan con un estadístico crítico que proviene de la tabla de distribución F y sus respectivos grados de libertad para el numerador y el denominador, dado que esta distribución es básicamente un cociente. Dichos contrastes serán de una cola superior. En este punto, vale anotar que el número de grados de libertad varía: si se habla de cualquier efecto principal, corresponde al número de niveles del factor menos uno, mientras que si se refiere a una interacción, equivale al producto del número de grados de libertad asociados con los componentes individuales.

$$y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} \quad (1)$$

Dónde...

- μ corresponde a la media general.
- τ_i corresponde al efecto del i ésimo nivel del factor A.
- β_j corresponde al efecto del j ésimo nivel del factor B.
- γ_k corresponde al efecto del k ésimo nivel del factor C.
- $(\tau\beta)_{ij}$ corresponde al efecto de la interacción de los niveles i y j de los factores A y B.
- $(\tau\gamma)_{ik}$ corresponde al efecto de la interacción de los niveles i y k de los factores A y C.
- $(\beta\gamma)_{jk}$ corresponde al efecto de la interacción de los niveles j y k de los factores B y C.
- $(\tau\beta\gamma)_{ijk}$ corresponde al efecto de la interacción de los niveles i , j y k de los factores A, B y C.

$$\begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, c \\ l = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

Se parte del supuesto de que los errores ε_{ijkl} se distribuyen como normales con media 0 y como varianza constante con σ^2 y, además, no están correlacionados. Las hipótesis a probar bajo este análisis son, en su orden:

$$\begin{array}{ll} H_0 : t_{bij} = 0, \text{ para } i, j \text{ o} & H_a : t_{bij} \neq 0 \\ H_0 : t_{gik} = 0, \text{ para } i, k \text{ o} & H_a : t_{gik} \neq 0 \\ H_0 : b_{gjk} = 0, \text{ para } j, k \text{ o} & H_a : b_{gjk} \neq 0 \\ H_0 : t_{bgijk} = 0, \text{ para } i, j, k \text{ o} & H_a : t_{bgijk} \neq 0 \\ H_0 : t_1 = t_2 = \dots = t_i = 0, & H_a : t_i \neq t_j \\ H_0 : b_1 = b_2 = \dots = b_j = 0, & H_a : b_i \neq b_j \\ H_0 : g_1 = g_2 = \dots = g_k = 0, & H_a : g_i \neq g_j \end{array} \quad (2)$$

En general, los cálculos del Análisis de Varianza se efectúan utilizando alguna herramienta de software estadístico. Sin embargo, en ocasiones, resultan útiles las fórmulas para calcular manualmente las sumas de cuadrados.

Tabla 3. Componentes del cálculo de varianza

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Cuadrado medio esperado	F ₀
A	SS _A	a - 1	MS _A	$S + \frac{bcn \sum t_i^2}{a-1}$	$F_0 = \frac{MS_A}{MS_E}$
B	SS _B	b - 1	MS _B	$S^2 + \frac{acn \sum b_j^2}{b-1}$	$F_0 = \frac{MS_B}{MS_E}$
C	SS _C	c - 1	MS _C	$S^2 + \frac{abn \sum g_k^2}{c-1}$	$F_0 = \frac{MS_C}{MS_E}$

<i>AB</i>	SS_{AB}	$(a-1)(b-1)$	MS_{AB}	$s^2 + \frac{cn \sum \sum (tb)_{ij}^2}{(a-1)(b-1)}$	$Fo = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$
<i>AC</i>	SS_{AC}	$(a-1)(c-1)$	MS_{AC}	$s^2 + \frac{bn \sum \sum (tg)_{ik}^2}{(a-1)(c-1)}$	$Fo = \frac{MS_{AC}}{MS_E}$
<i>BC</i>	SS_{BC}	$(b-1)(c-1)$	MS_{BC}	$s^2 + \frac{an \sum \sum (bg)_{jk}^2}{(b-1)(c-1)}$	$Fo = \frac{MS_{BC}}{MS_E}$
<i>ABC</i>	SS_{ABC}	$(a-1)(b-1)(c-1)$	MS_{ABC}	$s^2 + \frac{n \sum \sum \sum (tbg)_{ijk}^2}{(a-1)(b-1)(c-1)}$	$Fo = \frac{MS_{ABC}}{MS_E}$
<i>Error</i> <i>Total</i>	SS_E SS_T	$abc(n-1)$ $abcn-1$	MS_E	s^2	

Fuente: Montgomery (2004).

Con base en la tabla anterior, la suma de cuadrados total se da de la siguiente manera:

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n y_{ijkl} - \frac{y_{...}^2}{abcn} \quad (3)$$

Las sumas de cuadrados de los efectos principales se dan a partir de los totales de los factores $A(y_{i...})$, $B(y_{.j.})$ y $C(y_{...k})$, tal como se muestra a continuación: $A(y_{i...})$, $B(y_{.j.})$ y $C(y_{...k})$

$$SS_A = \frac{1}{bcn} \sum_{i=1}^a y_{i...}^2 - \frac{y_{...}^2}{abcn} \quad (4)$$

$$SS_B = \frac{1}{acn} \sum_{j=1}^b y_{.j.}^2 - \frac{y_{...}^2}{abcn} \quad (5)$$

$$SS_C = \frac{1}{abn} \sum_{k=1}^c y_{...k}^2 - \frac{y_{...}^2}{abcn} \quad (6)$$

Para calcular las sumas de cuadrados de las interacciones de dos factores, se necesitan los totales de las celdas $A * B$, $A * C$ y $B * C$. Con frecuencia, es útil desplegar la tabla de los datos originales en tres tablas de dos vías para calcular estas cantidades. Las sumas de cuadrados pueden encontrarse de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} SS_{AB} &= \frac{1}{cn} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij}^2 - \frac{y_{...}^2}{abcn} \\ SS_{BC} &= \frac{1}{an} \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c y_{.jk}^2 - \frac{y_{...}^2}{abcn} \\ SS_{AC} &= \frac{1}{bn} \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^c y_{ik.}^2 - \frac{y_{...}^2}{abcn} \end{aligned} \quad (7)$$

Es de destacar que las sumas de cuadrados de los subtotales de dos factores se encuentran a partir de los totales de cada tabla de dos vías. Mientras tanto, la suma de cuadrados de la interacción de los tres factores se calcula a partir de los totales de las celdas y_{ijk} de tres vías, tal y como se muestra en la educación que sigue:

$$SS_{ABC} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c y_{ijk}^2 - \frac{y_{...}^2}{abcn} - SS_A + SS_B + SS_C + SS_{AB} + SS_{AC} + SS_{BC} \quad (8)$$

Finalmente, la suma de cuadrados del error puede encontrarse restando la suma de cuadrados de cada efecto principal con la interacción de la suma de cuadrados total, o bien, así:

$$SS_E = SS_T - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c y_{ijk}^2 \quad (9)$$

El cálculo de los cuadrados medios se lleva a cabo dividiendo la suma de cuadrados por sus correspondientes grados de libertad. Para llevar a cabo la prueba de significancia del efecto del tratamiento, se hace un cociente entre el cuadrado

medio correspondiente al tratamiento que se quiere probar y el cuadrado medio del error.

Este cociente tiene distribución F y será contrastado con un valor crítico de la tabla de dicha distribución y los grados de libertad del tratamiento para el numerador, los grados de libertad del error en el denominador y un nivel de significancia establecido que será el complemento del porcentaje de confianza que se desea obtener en la prueba (por ejemplo, un nivel de confianza del 95%, corresponde a un nivel de significancia del 5%). Con estos parámetros, finalmente, se busca definir el valor crítico en la correspondiente tabla, decidiendo de la siguiente manera:

- Si $F_{Crítico} < F_{Calculado}$ entonces se rechaza la hipótesis nula.
- Si $F_{Crítico} > F_{Calculado}$ entonces se dice que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula.

5.2 PRUEBA POST-ANOVA

Esta prueba, como su nombre lo indica, se aplica de acuerdo con el resultado obtenido en la tabla ANOVA. Su función es identificar cuáles niveles son diferentes dentro de un factor cuando se establece que éste presenta efectos diferentes entre sus niveles y, por ende, diferentes de 0. Para el análisis POST-ANOVA, se trabajará con la prueba de Tukey.

5.3 TEST DE TUKEY

Tukey (1953) planteó un procedimiento para someter a prueba H_0 : Las medias son iguales contra H_a ; Las medias son diferentes, con α en el nivel global de significancia cuando las muestras tienen tamaños iguales, y con α en el máximo

α , cuando las muestras tienen tamaños diferentes. El test de Tukey utiliza la distribución de la estadística de amplitud en la forma de *Student*:

$$q = \frac{\bar{y}_{max} - \bar{y}_{min}}{\sqrt{\frac{MSE}{n}}} \quad (10)$$

Siendo $\bar{y}_{max} - \bar{y}_{min}$, la mayor y menor media respectivamente, donde n corresponde al número de réplicas por tratamientos y el MSE es la Suma de Cuadrados media del Error calculado en el ANOVA.

$$T_\alpha = q_\alpha(a, f) \sqrt{\frac{MSE}{n}} \quad (11)$$

Siendo f el número de grados de libertad asociado con suma cuadrada del error y se halla en las tablas estadísticas. Si el valor absoluto de la diferencia entre dos medias fuera mayor de T_α , entonces H_0 debería ser rechazado.

5.4. PRUEBA DE BARTLETT

Introducida por Bartlett en 1937, es una modificación del test de Neyman y Pearson para “corregir el sesgo”; esta prueba es la que se utiliza con más frecuencia para probar la homogeneidad de las varianzas (Conover et al. 1981). En esta prueba los n_i en cada tratamiento no necesitan ser iguales; sin embargo, se recomienda que los n_i no sean menores que 3 y muchos de los n_i deben ser mayores que 5.

El estadístico de prueba se define como:

$$U = \frac{1}{C} \left[(N - k) \ln(s^2) - \sum_{i=1}^k (n_i - 1) \ln s_i^2 \right] \quad (12)$$

...donde

$$C = 1 + \frac{1}{3(K-1)} \left(\sum_{i=1}^K \frac{1}{n_i - 1} - \frac{1}{N - k} \right) \quad (13)$$

Cuando la hipótesis nula es cierta, el estadístico tiene distribución aproximadamente χ^2 con $k - 1$ grados de libertad; cuando el muestreo se realiza en poblaciones normales, la aproximación es buena para muestras bastante pequeñas (Layard, 1973). No requiere que los tamaños de las muestras sean iguales. Es muy sensible a alejamientos del supuesto de normalidad (Montgomery, 2004). Si tenemos evidencia fuerte de que los datos vienen de hecho de una distribución normal, o casi normal, entonces la prueba de Bartlett tiene un buen desempeño.

5.5. MODELO DE REGRESIÓN SIMPLE

Acuña (2007) define la regresión como un conjunto de técnicas usadas para establecer una relación entre una variable cuantitativa llamada variable dependiente y una o más variables independientes llamadas variables predictoras, las que también deberían ser cuantitativas, más sin embargo con las que es posible trabajar aun cuando algunas de ellas sean cualitativas. El caso más simple de las regresiones es la Regresión Lineal Simple, cuyo objetivo es medir la relación lineal entre la variable dependiente y y una sola variable independiente x . El Modelo Lineal Simple viene dado del siguiente modo.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (14)$$

Donde β_0 y β_1 representan la intersección y la pendiente de la ecuación de regresión, respectivamente. Dichas constantes son desconocidas y deben ser estimadas a través de los datos. Por su parte, el término ε es un componente

aleatorio de error que cuenta con las siguientes cualidades: se distribuye normal con media 0 y varianza σ^2 (Montgomery y Peck, 2005).

5.6 VALIDACIÓN DEL SUPUESTO DE NORMALIDAD

La prueba de Shapiro–Wilk, publicada desde 1965, se considera uno de los test más potentes para el contraste de la normalidad, sobre todo, en lo que respecta a muestras pequeñas ($n < 30$). En esta prueba, se plantea como **hipótesis nula** cuando una muestra $x_1, x_2, \dots, x_n$ proviene de una población normalmente distribuida. El estadístico del test es:

$$W = \frac{(\sum_i^n x_i a_i)^2}{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (15)$$

...donde x_i corresponde a la observación en la posición i . Por su parte, los coeficientes a_i vienen dados así:

$$(a_1, a_2, \dots, a_n) = \frac{m^t V^{-1}}{(m^t V^{-1} V^{-1} m)^{1/2}} \quad (16)$$

...donde $m = (m_1, m_2, \dots, m_n)^t$.

Los m_i son los valores esperados del i ésimo estadístico de orden, derivados de una muestra aleatoria normal, mientras que V es la matriz de varianza y covarianza de la distribución conjunta de los estadísticos de orden. Se rechaza entonces la prueba para valores pequeños de W .

5.7 VALIDACIÓN DEL SUPUESTO DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA

La prueba de Barlett fue propuesta en 1937 y es quizás la más usada para contrastar la homogeneidad de varianza en k tratamientos. La hipótesis desde la cual se parte es $H_0 : S_1^2 = S_2^2 = \dots = S_k^2$.

El estadístico de prueba es...

$$U = \frac{1}{C} \left[n \ln(\overline{s^2}) - \sum_{i=1}^k n_i \ln s_i^2 \right] \quad (17)$$

...donde:

$$v_i = r_i - 1, v = \sum_{i=1}^k v_i \quad (18)$$

$$\overline{s^2} = \sum_{i=1}^k \frac{v_i \overline{s_i^2}}{v} \quad (19)$$

$$C = 1 + \frac{1}{3(t-1)} \left[\left(\sum_{i=1}^k \frac{1}{v} \right) - \frac{1}{v} \right] \quad (20)$$

Bajo la hipótesis nula, esta prueba se puede contrastar con una distribución de Chi cuadrado con $k - 1$.

6. MARCO REFERENCIAL

Según España (2006), en Morelia, Michoacán, en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, se calcularon tanto los índices de vegetación en cuatro fechas de muestreo diferentes como la correlación entre los contenidos de nitrógeno y clorofila en el cultivo de la fresa. Para tal fin, durante 8 meses, se sembraron plantas de fresa de la variedad 'Aromas' y, para los análisis radiométricos de cada planta muestreada, se eligió al azar una hoja intermedia (completamente desarrollada, no senescente) de la que se tomaron las medidas de reflectancia y clorofila total (clorofila a + clorofila b).

Para la determinación de la clorofila, se tomó un folio lateral de dicha hoja y se siguió la metodología de Barnes (1992). Por su parte, para calcular el espectro de reflectancia, se tomó el folio central de la hoja muestreada y se midió en un espectrofotómetro UV-Visible (300 Nm a 1100 Nm $\pm$ 1 Nm; *Perkin Elmer Lambda 35*), dotado de una esfera de integración (LabSphere). Cabe anotar que, para cada muestra, se obtuvo el promedio de tres espectros y se calcularon los índices.

Respecto al contenido de N en la materia seca foliar, se observó un incremento de esta sustancia en las plantas cultivadas, entre los niveles de 3 y 20 mm pero, sobre todo, en dicho nivel de 20mm. Al final del experimento (218 días después; de ahora en adelante, 218 dde), los contenidos de N en los tres tratamientos fueron estadísticamente diferentes, lo que muestra la dilución de N durante el crecimiento de las plantas. En cuanto a la clorofila total, los tres tratamientos mostraron un contenido similar (1.9 $\mu\text{g mg mf}^{-1}$) a los 93 dde. En las plantas cultivadas en 0.1 mM de N, el contenido disminuyó en 51% a los 127 dde y permaneció bajo hasta el final del experimento, es decir, 218 dde.

Entre los resultados hallados, no se encontró correlación significativa entre

los contenidos de N y clorofila en las hojas analizadas. La asociación de estas dos variables no es generalizada y depende de las condiciones experimentales. Ahora, en relación con la clorofila, esta se expresó sobre la base de la materia fresca foliar, mientras que en los reportes en los que se correlaciona con el contenido de N, se expresa por unidad de superficie foliar.

Los índices de vegetación que presentaron mayor sensibilidad con el nivel de fertilización fueron R550, REP y MTCl, los que presentaron las correlaciones más altas con los contenidos de N y clorofila total en las hojas y, además, mostraron correlación significativa con biomasa seca y área foliar en las últimas fechas de muestreo. En todos los casos, la dependencia de los índices de vegetación con respecto al contenido de N fue mayor que el de la clorofila. R550 y MTCl fueron los índices que mejor correlacionaron la evolución del contenido de N, mientras que REP se saturó. En cuanto a los índices NDVI y OSAVI que a nivel de dosel presentaron una estrecha relación con índice de área y biomasa, calculados a nivel de la hoja, reflejaron la diferencia en la estructura y la disposición celular derivadas del estado nitrogenado.

Según Thorp (2012), para el desarrollo de su investigación, fue necesario hacer mediciones de biomasa durante diferentes periodos, a partir de muestras tomadas en la zona de estudio y calculando el índice de área foliar (LAI). El autor usó un espectralradiómetro de campo portátil para recolectar las muestras semanalmente, teniendo en cuenta, especialmente, las horas de la tarde o momentos de la mañana pues en estos espacios del día se podía evitar el contacto directo con la luz solar, en 512 bandas de frecuencia entre 268-1095 Nm con un ancho de banda desde 1.5 a 2.1 Nm. Para la realización de los modelos de transferencia radiactiva, los autores integraron el método de Choudhury (1994) dado por la ecuación así como el modelo *PROSAIL* descrito posteriormente.

$$f = 1 - \left\{ \frac{NDVI_{max} - NDVI}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right\}^{1/\delta} \quad (21)$$

Donde el índice normalizado de cobertura vegetal de suelo desnudo es el $NDVI_{min}$ y el índice de cobertura vegetal completa es el de $NDVI_{max}$. El parámetro δ es una función de la distribución angular de las hojas del dosel con valores cercanos al 1.4 para los pabellones *erectophile* y de 0.8 para los pabellones *planophile*. Los autores llevaron a cabo el cálculo del índice de área foliar (LAI) posterior al cálculo de f usando la Ecuación (20), donde β equivale a una segunda función de distribución del ángulo de la hoja que va de 0.42 a 0.91:

$$LAI = \frac{\ln(1-f)}{-\beta} \quad (22)$$

Para llevar a cabo la simulación mediante el modelo *PROSAIL*, Thorp (2012) usó 14 parámetros de entrada para definir variables tales como el contenido de agua de la hoja y sus pigmentos, principalmente, teniendo en cuenta los parámetros de clorofila y el LAI. Como resultado, el autor logró estimar los índices de clorofila y de área foliar a partir del modelo *PROSAIL* invertido para así minimizar el error en la reflectancia espectral observada y simulada.

Asimismo, establecieron algunas discrepancias entre los datos medidos y los simulados para el LAI con el modelo *PROSAIL*, atribuyendo lo anterior a la homogenización que brinda el modelo respecto a los datos. De ahí que fuese necesario utilizar los datos proporcionados por los sensores a distancia con el objetivo de realizar el ajuste del crecimiento de área foliar. No obstante, a pesar de los resultados obtenidos, los autores afirmaron que la integración de los modelos *PROSAIL* y *CHOUDHURY* permitió definir de manera aceptable las variables con un resultado positivo a la realización de los procedimientos individuales.

En el caso de Rosero et al., (2008), estos investigaron la eficiencia de absorción de N en hojas de *heliconia psitacorum*, sembrada en un humedal artificial de flujo subsuperficial a escala de laboratorio, utilizando técnicas espectroscópicas de fluorescencia corregida por reabsorción y reflectancia. Con el experimento, los autores lograron estimar el contenido de N de manera no destructiva, pues el uso de la técnica de fluorescencia (excitación: $\lambda = 460[\text{Nm}]$) permitió determinar variaciones en la concentración de clorofilas a través del tiempo, evidenciando así procesos de asimilación de compuestos nitrogenados.

Del mismo modo, se encontraron diferencias en la primera derivada de los espectros de reflectancia, directamente relacionados con la concentración de clorofila en la planta y su respuesta fisiológica a los niveles de N a los cuales había sido sometida, teniendo para ello en cuenta la carga inicial de esta sustancia que estaba presente en el agua tratada.

La determinación de N por medio de la clorofila se hizo posible gracias a que la cantidad absorbida por las plantas fue utilizada en la síntesis de proteínas, enzimas y clorofila, con lo que se pudo cuantificar la cantidad de N usado en las estructuras presentes en la hoja. Dado que las propiedades espectrales de absorción y emisión de la clorofila permitieron una adecuada cuantificación de esta molécula mediante técnicas espectroscópicas, se pudo establecer además, de forma indirecta, el contenido de N presente en las hojas de plantas, aprovechando que la molécula de clorofila presentaba fluorescencia.

Los autores concluyeron que se encontraron diferencias en los espectros de fluorescencia, reflexión y transmisión, atribuibles a la variación en el contenido de moléculas de clorofila a y b, revelando ello los cambios en la concentración del N asimilado por la planta a lo largo del tiempo de permanencia en el humedal reactor. Por medio de este análisis, se obtuvieron valores del contenido porcentual de N compatibles con los encontrados, usando una técnica química estándar. Estos

resultados alientan, sin duda, el diseño de un método óptico, aplicable in situ, y en tiempo real para la determinación del N acumulado en la plantas de un humedal artificial.

Wu et al. (2008), en su investigación, pretendían estimar el contenido de clorofila en la vegetación y, para ello, recolectaron pruebas en campo usando un medidor portátil de clorofila que medía la absorbancia para trabajar en unidades reales de clorofila por unidad de área. Los autores trabajaban con imágenes hiperespectrales *hyperion* a las cuales aplicaron correcciones geométricas y radiométricas. En relación con la toma de datos en campo, usaron un espectroradiómetro portátil (FS-FR2500, ASD, EE.UU.) en 380-2500 Nm, con el fin de adquirir datos de índices hiperespectrales, usando un campo de visión de 25 y una distancia alrededor de 130 cm por encima de la superficie del suelo.

Al usar el modelo de perspectiva de simulación de la reflectancia, ellos involucraron parámetros y propiedades de las hojas, y adaptaron el modelo *SAI/L* con los datos de reflectancia del dosel del cultivo para encontrar las variaciones en el *LAI*. Los autores calcularon, asimismo, diversos índices para completar el análisis de los cultivos como el *NDVI*, mediante la ecuación que sigue, donde R_x es la reflectancia en la longitud de onda dada en Nm:

$$NDVI(679,800) = \frac{R_{800} - R_{670}}{R_{800} + R_{670}} \quad (23)$$

Wu et al. (2008) calcularon los índices de relación simples para analizar los pigmentos de clorofila a partir de la ecuación siguiente:

$$MS_{(670,800)} = \frac{\left(\frac{R_{800}}{R_{670}}\right) - 1}{\sqrt{\left(\frac{R_{800}}{R_{670}}\right) + 1}} \quad (24)$$

Como resultado, estos autores obtuvieron una comparación de los índices calculados demostrando, de este modo, que eran óptimos para determinar el contenido de clorofila en los cultivos. Igualmente, los modelos de simulación de la reflectancia *SAI/L* arrojaron una amplia variedad respecto al contenido de la clorofila y las deferencias de *LAI*.

Según K. Raja et al. (2000), los métodos de diagnóstico que analizan las propiedades ópticas de la hoja pueden ayudar a una rápida detección de sus niveles de N. Así pues, en una hoja del algodón, se estableció un conjunto de muchas curvas de calibración de 1.5 Nm de reflectancia en la concentración de N, partiendo de las plantas cultivadas en cámaras de crecimiento iluminado por el sol y en un rango específico de niveles de N. Las concentraciones reales se compararon mediante la regresión de un conjunto de validación de las muestras de hoja cultivadas en el campo de diversos genotipos.

Solo los datos que combinaban una medida conocida como el borde rojo (700 Nm o 716 Nm) con una banda de ondas de alta reflectancia en el infrarrojo cercano (755-920 Nm y 1000 Nm) proporcionó una buena precisión (correlación) y exactitud (de relación uno a uno entre los valores reales). Otros índices basados en la clorofila que incluían las características de reflectancia fueron menos precisos que los resultados obtenidos previamente a partir de los datos de reflectancia “*red/very-near-infrared*”.

Todo lo anterior indica que existen patrones espectrales correlacionados con la deficiencia de N; no obstante, las regiones sensibles no pueden diferir de las de otros tipos de estrés (saturación de agua, deficiencia o saturación de N, entre otros). La región espectral que presenta la mayor sensibilidad a cualquier deficiencia de minerales es también sensible a las deficiencias de nitrógeno y estrés general. Ello indica una falta de selectividad de los índices de reflexión de la condición de N y, por tanto, refleja una disminución de la precisión en la predicción del estado de N.

Según Álvarez (2001), la mejora de la eficiencia en el uso de los insumos para preservar la calidad de los ambientes productivos es de creciente preocupación. La determinación de las dosis óptimas de N es un problema en la región pampeana y en el mundo, por lo cual, es necesario desarrollar técnicas que contribuyan a mejorar la eficiencia de uso de N (*EUN*), la rentabilidad de los cultivos y la reducción del impacto ambiental. Johnson y Raun (2001) señalan al respecto que la *EUN* a escala global es de solo 33%, señalando con ello un conjunto de prácticas que contribuyen a su mejoramiento, entre ellas, las herramientas de sensoramiento remoto. Las recomendaciones de fertilización nitrogenada para maíz y trigo, comúnmente, aumentan con el nivel de producción esperado y decrecen en función de la oferta de N.

De ahí que la variación espacial de ambos parámetros sea una limitación importante a la hora de desarrollar recomendaciones de fertilización nitrogenada espacialmente variable (Melchion, 2007). Sincronizar la necesidad de los cultivos en los momentos de mayor demanda, con las variaciones en el abastecimiento por los suelos, contribuye a minimizar las pérdidas de N. Vale anotar que las incertidumbres climáticas hacen casi imposible obtener predicciones precisas y obviar déficits o excesos en el sistema, por lo que una alternativa promisorio es basar las estrategias de manejo de N en la respuesta del cultivo tomando como indicador su crecimiento para así evaluar el balance entre oferta y demanda durante el tiempo de absorción rápida de N (Álvarez, 2001).

Raun et al. (2004) plantearon que el desarrollo de métodos para diagnosticar dosis de fertilización con N en función de los datos de reflexión era una ciencia poco desarrollada. Entre las estrategias empleadas, la comparación de los índices obtenidos en zonas con suficiencia de N junto a las áreas a tratar se ha constituido como una estrategia propuesta para juzgar el estatus relativo de la nutrición de los cultivos. Partiendo del principio de que una mejora en la predicción del rendimiento,

a partir de las mediciones en la mitad de la campaña, podría precisar la demanda relativa de N, Johnson y Raun (2001) predijeron el rendimiento y mejoraron la *EUN* basándose en mediciones *NDVI* hechas sobre el trigo de invierno en la mitad de campaña.

Ajustes como dividir el valor de *NDVI* por la cantidad de días, desde la siembra hasta la medición, donde los Grados Día de Crecimiento (GDD por sus siglas en inglés $(T_{min} + T_{max})/2 - 4.4^{\circ}\text{C}$) mejoraron la predicción al integrar diversos sitios y años de trabajo. Dicho modelo aplicado sobre el rendimiento fue acoplado a un procedimiento que buscaba estimar la respuesta y calcular las dosis de fertilización nitrogenada en trigo y maíz, partiendo del uso de sensores ópticos (*SBNRC*, *Sensor Based Nitrogen Rate Calculator*) para el manejo en dosis variables de N.

Mullen (2003) ha sugerido que el cociente entre el *NDVI* medido en una condición de N no limitante y N limitante es un índice que permite predecir la respuesta al agregado de N. Los resultados obtenidos de esta experiencia mostraron un índice de respuesta de 1,47, lo que permitió anticipar una alta respuesta a la fertilización nitrogenada. Dicha situación se verificó en una cosecha donde el rendimiento de los testigos alcanzó solo el 49% del rendimiento logrado con la dosis de 166 kg de N ha⁻¹ (respuesta media = 2590 kg ha⁻¹).

Por su parte, el índice de respuesta (IR) estimado con base en el *NDVI* se relacionó entonces con la respuesta del cultivo a la fertilización. El ajuste de esta relación fue similar al informado en trabajos anteriores (Mullen, 2003). Las recomendaciones de ajuste por refertilización solo fueron necesarias en el 56% de los casos, es decir, 14 de 25 veces. Es importante anotar que la dosis media de N de refertilización fue de 6 kg de N ha⁻¹, aunque las variaciones entre las unidades experimentales existentes a campo demostraban la potencialidad que presentaba

este tipo de técnicas al poder dar cuenta de las diferencias del suelo, de manera rápida, precisa y económica contribuyendo a mejorar la *EUN*.

El rendimiento del cultivo se incrementó fuertemente por efecto de la fertilización nitrogenada. Más detalladamente, se podría decir que el rendimiento medio del tratamiento con refertilización mediante el *SBNRC* fue levemente mayor al del tratamiento de base (N83) y similar al de referencia sin limitación de N. En todos los casos, la diferencia entre máximos y mínimos tuvo un amplio rango, lo cual puso en evidencia que, en ocasiones, el N no era la principal limitante. Ello fue demostrado por la variación expresada en el tratamiento sin limitante de N, donde el rango de variación de fue superior a los 3000 kg ha⁻¹ y el coeficiente de variación fue menor en el manejo con *SBNRC*.

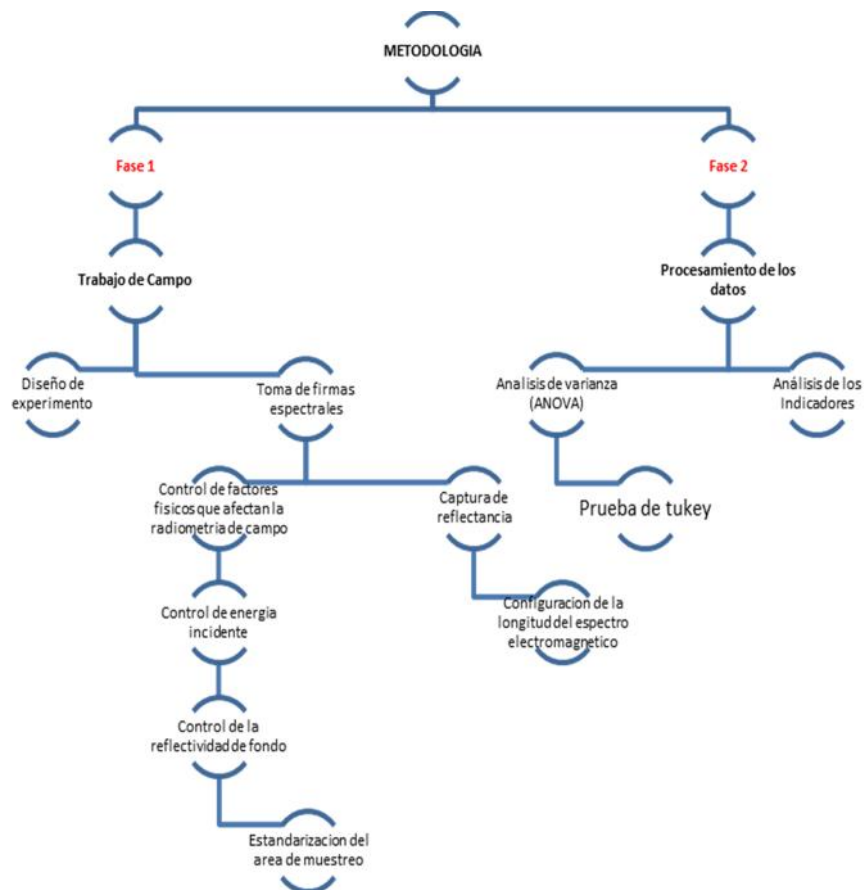
Para terminar, Mullen (2003) determinó la eficiencia del uso de N (*EUN*) en cada una de las estrategias de fertilización: dicha cantidad disminuyó de manera esperable en función del mayor aporte de N. La *EUN* para el manejo de N asistido con el sensor *SBNRC* fue similar a la lograda en el manejo fijo de dosis equivalentes de N (N83). Mientras tanto, la dosis media total en el *SBNRC* (N aplicado a la siembra + refertilización) fue de 87,4 kg de N, número levemente superior al aplicado en la siembra, lo cual indica que la técnica de sensoramiento empleada permitió anticipar la buena condición nutricional del cultivo y la escasa necesidad de refertilización en referencia a la situación de suficiencia planteada con 166 kg ha⁻¹.

Presentando similares resultados que Johnson y Raun (2001), se evidenció que sí era factible predecir variaciones de rendimiento dentro de los lotes de trigo e, igualmente, diagnosticar de manera adecuada las refertilizaciones a inicios de encañazon.

7. METODOLOGÍA

En la Figura 1 se presenta el esquema general de la metodología, que se divide en dos fases. La primera es el trabajo de campo, periodo en el que se recolectaron todas las firmas espectrales usadas en el proyecto, llevando a cabo ciertos protocolos que ayudaran a controlar factores externos y a tener un mismo patronamiento de medida. En la segunda fase se realizó todo el procesamiento de datos, para lo cual se empleó un análisis de varianza *ANOVA* con el fin de estudiar el comportamiento de la clorofila con diferentes dosis de N.

Figura 1. Diagrama general de la metodología



7.1 FASE 1. TRABAJO DE CAMPO

7.1.1 DISEÑO DE EXPERIMENTO

El Centro de Investigación de la Caña de Azúcar “CENICAÑA” llevó a cabo un experimento para medir el aprovechamiento de N en la caña de azúcar. Para el desarrollo del proyecto, se contó con un montaje hidropónico experimental que constó de 16 bandejas distribuidas en 4 mesas almacenadas en un invernadero (Ver Figura 2). En las bandejas, había sembradas 20 variedades de caña de azúcar experimental a las que se le adicionó de manera controlada diferentes dosificaciones de N tal como se indica en la Tabla 4.

Figura 2. Montaje experimental



Tabla 4. Dosificaciones de nitrógeno

SOLUCIÓN	DOSIS DE NITRÓGENO	Nº DE BANDEJAS
Alta	14 mM	4 bandejas
Media	8 mM	4 bandejas
Baja	2 mM	4 bandejas
Suelo desnudo	Ninguna	4 bandejas

7.1.2 TOMA DE FIRMAS ESPECTRALES

La adquisición de firmas espectrales se realizó durante el primer semestre del año 2013. El montaje experimental tuvo una duración de 50 días, tiempo durante el cual se realizaron 5 tomas, una semanalmente de acuerdo con el calendario indicado en la tabla siguiente.

Tabla 5. Fechas de trabajo de campo

Nº DE TOMA	FECHAS (2013)	HORA
1	21 de marzo	9:00 am a 12:00 pm
2	27 de marzo	9:00 am a 12:00 pm
3	4 de abril	9:00 am a 12:00 pm
4	11 de abril	9:00 am a 12:00 pm
5	16 de abril	9:00 am a 12:00 pm

Para realizar dichas tomas, se seleccionaron las mejores hojas de cada bandeja, a las que se les realizó una señalización para garantizar que, durante el experimento, siempre se midiera la reflectancia de las mismas hojas. La adquisición de las firmas espectrales se llevó a cabo implementando el uso del espectroradiómetro EPP200 UVN-SR-14 BW 16.

Figura 3. Espectroradiómetro



7.1.3 CONTROL DE FACTORES FÍSICOS QUE AFECTAN LA RADIOMETRÍA DE CAMPO

Según Vaughan (2001), la complejidad de las tomas realizadas con espectroradiómetro por fuera del laboratorio obliga a tener en cuenta algunos factores externos ya que estos pueden producir algunas alteraciones en las tomas realizadas. A continuación, se explican los diferentes controles utilizados.

7.1.3.1 CONTROL DE LA ENERGÍA INCIDENTE

Teniendo en cuenta que la reflectancia se ve influenciada por la intensidad de la energía incidente, es adecuado minimizar las variaciones de esta. Por lo anterior, se implementó el uso de una probeta con luz artificial (ver Figura 4) que permitió garantizar la homogenización de la luz incidente que recibe la planta en todas las tomas realizadas.

Figura 4. Probeta de reflectancia para espectroradiómetro AS-003



7.1.3.2 CONTROL DE LA REFLECTIVIDAD DE FONDO

Para obtener la respuesta espectral de un objetivo concreto, es necesario evitar interferencias de reflectividad con otros objetos más o menos próximos. De ahí que sea necesario contar con superficies que absorban la máxima radiancia posible (Vaughan 2001) como lo es el papel carbón, cuyas ventajas son el ser moldeable, relativamente económico, fácil de encontrar y, especialmente, que posee muy baja reflectividad. Para facilitar el manejo de dicho papel, se fijó a una lámina de cartulina para que sirviera como fondo a las plantas estudiadas y, así, no se mezclara la reflectividad de fondo con la reflectividad emitida por la planta.

7.1.3.3 ESTANDARIZACIÓN DEL ÁREA DE MUESTREO

Considerando que el área foliar es de vital importancia para el cálculo de muchos índices de vegetación encontrados en la literatura, se decidió entonces reducir la boca de la probeta a un área de $1,5 \text{ cm}^2$ ($1,5 \times 1 \text{ cm}$), de modo que se estandarizara el área de influencia en la toma de datos. La cubierta con la que se redujo el área fue elaborada con papel carbón para evitar así alteraciones en los valores de reflectancia.

7.1.4 CAPTURA DE REFLECTANCIA

Luego de tomar las medidas de control anteriormente mencionadas, se adquirieron las respuestas espectrales de las plantas de caña de azúcar en los cultivos hidropónicos utilizados en este estudio.

7.1.5 CONFIGURACIÓN DE LA LONGITUD DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Contar con un buen rango de longitud de onda para realizar las tomas de las firmas espectrales en las hojas resultó ser de gran importancia, debido a que la concentración de clorofila se predice generalmente de la reflectancia presente en el rango de 550 o 700 Nm, regiones donde se presenta la mayor saturación de clorofila (Carter y Spiering, 2002).

El rango de longitud de onda empleada en el experimento fue de 400 a 950 Nm, con un incremento de 0.5 Nm. No obstante, vale anotar que no se empleó todo el rango de longitud de onda disponible en el espectrómetro EPP2000 a causa del ruido que se genera antes de los 390 Nm y a partir de los 960 Nm, que altera significativamente la curva de firma espectral.

7.2 FASE 2. PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Basándose en la dosificación de nitrógeno y en la variedad de la planta, para el análisis del comportamiento de la clorofila en niveles *Spad*, se hizo uso de un análisis de varianza (ANOVA) con dos factores:

Tabla 6. Factores del Análisis de Varianza

FACTORES	NIVELES	
DOSIFICACIÓN DE NITROGENO	NINGUNO	
	BAJO	
	MEDIO	
	ALTO	
VARIEDAD DE PLANTA	CC01-1228	CC85-92
	CC01-1940	CC92-2198
	CC01-678	CC92-2804

	CC03-154	CC93-3826
	CC05-940	CC93-3895
	CC05-945	CC93-4181
	CC06-783	CC93-4418
	CC06-791	CC97-7170
	CC09-874	MEX64-1487
	CC84-75	MZC74-275

Del cuadro anterior, se puede decir que el factor “Dosificación de nitrógeno” contó con 3 niveles mientras que “Variedad de planta” contó con 20. En el ANOVA se puede hacer inferencia estadística sobre la ecuación (25), donde $i = 1,2,3$ equivale a los tipos de dosis de nitrógeno y $j = 1,2,...,20$, a las variedades de la planta.

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \epsilon_{ij} \dots \dots \dots (25)$$

$$.i = 1,2,3 \dots \dots \dots j = 1,2, \dots, 20$$

Los componentes del modelo planteado en el contexto de este trabajo fueron:

- y_{ij} que es el valor de la clorofila en el cual se aplicó la i ésima dosis de nitrógeno a la variedad j ésima.
- μ que corresponde a un valor promedio general.
- τ_i que es el efecto asociado a la i ésima dosis de nitrógeno.
- β_j que es el efecto asociado a la j ésima variedad.
- $(\tau\beta)_{ij}$ que es el efecto a la i ésima dosis de nitrógeno y la variedad j ésima.

El objetivo era probar que los efectos tanto de las dosis de N como de la planta y su interacción eran significativos para describir en niveles *Spad* el comportamiento de la cantidad de clorofila. Por ello, en caso tal de que se llegase a la conclusión de que los factores eran significativamente diferentes, se hacía

necesario efectuar una prueba post ANOVA (en este caso, la prueba de Tukey) para comparar entre los niveles de los factores o tratamientos.

7.3. FASE 3. EVALUACIÓN DE INDICADORES

Por último, la evaluación de los índices se realizó por medio del Coeficiente de Correlación de *Pearson* y el Coeficiente de Determinación R^2 , definidos así:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{S_x S_y} \quad (26)$$

...donde S_x y S_y expresan la desviación estándar de las variables X y Y, respectivamente, y el coeficiente de determinación $R^2 = r^2$

$R^2 = r^2$ En algunos casos, la relación entre la clorofila medida y los índices de vegetación no era lineal. Por lo anterior, se propusieron algunas transformaciones que linealizaran las relaciones y, entre ellas, se eligió aquella que presentaba mayor coeficiente de correlación y R^2 . A partir de allí, se ajustó un modelo lineal por medio de mínimos cuadrados que describieran el comportamiento de la clorofila.

8. RESULTADOS

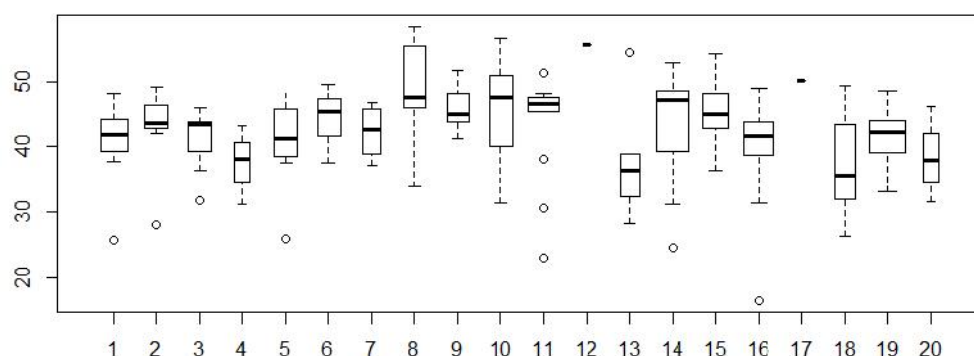
Con el fin de presentar adecuadamente los resultados, cada variedad se etiquetó con un número identificador que va desde 1 hasta 20, tal y como se indica en la Tabla 7, la que, adicionalmente, indica el promedio del contenido de clorofila.

Tabla 7. Etiquetas para cada variedad

VARIEDAD	ETIQUETA	PROMEDIO DE CONTENIDO DE CLOROFILA
CC01-1228	1	44,6
CC01-1940	2	41,1
CC01-678	3	45,3
CC03-154	4	46,4
CC05-940	5	36,5
CC05-945	6	44,3
CC06-783	7	42,0
CC06-791	8	40,3
CC09-874	9	44,4
CC84-75	10	45,2
CC85-92	11	40,7
CC92-2198	12	42,2
CC92-2804	13	41,0
CC93-3826	14	40,4
CC93-3895	15	42,0
CC93-4181	16	45,4
CC93-4418	17	40,3
CC97-7170	18	48,9
MEX64-1487	19	40,5
MZC74-275	20	42,6
GENERAL		42,6

Ahora bien, en la Figura 5 que se muestra a continuación, puede observarse la distribución de la cantidad de clorofila en niveles Spad discriminada por la variedad de la planta y las variedades CC06-791 (etiqueta 8) y CC84-75 (etiqueta 10) que sobresalen, indicando altas concentraciones de clorofila. Por otro lado, es de destacar que las variedades CC92-2804 (etiqueta 13), CC03-154 (etiqueta 4) y MZC74-275 (etiqueta 20) presentan bajos niveles de clorofila. Posteriormente, se realizará un análisis de varianza (ANOVA) con el fin de determinar, de manera formal, si existen o no diferencias significativas entre los niveles de clorofila de las variedades estudiadas.

Figura 5. Distribución de la cantidad de clorofila por variedad



En la Tabla (8), se presentan los datos correspondientes al tipo de dosificación aplicado a cada variedad y el valor promedio de Chl.

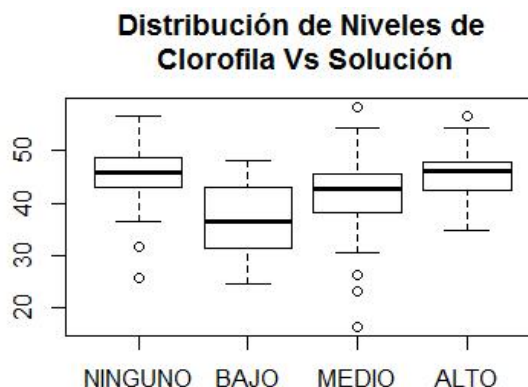
Tabla 8. Promedio de clorofila por dosis de N

TIPO DE DOSIFICACIÓN DE N	PROMEDIO
ALTO	45,5
MEDIO	41,2
BAJO	37,1
NINGUNO	45,6
GENERAL	42,6

En la Figura 6, en un diagrama de caja, se presenta la distribución de los niveles de clorofila y la solución aplicada. Con lo anterior, se puede percibir, en primera instancia, una relación directa entre las cantidades de clorofila y los niveles de N, es decir, a mayor cantidad de solución de N, mayor es el nivel de N en la variedad.

Se destaca, además, el hecho de que el nivel testigo (NINGUNO) presente valores similares a los niveles ALTO y MEDIO. Dichos resultados fueron objeto de un análisis ANOVA. La prueba POST-ANOVA de Tukey se aplicó para probar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de clorofila presentes en cada tipo de variedad de caña y la solución de N.

Figura 6. Distribución de clorofila vs solución



Siguiendo, en la Tabla 9 se presentan los resultados obtenidos luego de aplicar el análisis de varianza ANOVA. La conclusión que se deriva es que, con un nivel de confianza del 95%, existe, por lo menos, una variedad y un tratamiento de solución que difieren en la cantidad de clorofila.

Tabla 9. Resultados de la aplicación del Análisis de Varianza ANOVA

	G.L	SUMA CUADRADO	SUMA DE CUADRADO MEDIO	F	VALOR P
VARIEDAD	19	1393	73,3	1,841	0,0317
SOLUCIÓN	3	1406	468,7	11,775	1,81E-06
VARIEDAD*SOLUCIÓN	44	1730	39,3	0,988	0,5077
RESIDUAL	80	3184	39,8		

En la Tabla 9, se muestran los grados de libertad, la suma de cuadrados, la suma de cuadrado medio y los valores F y P. Este último valor (P) cuenta con interpretación, debido a que, entre más cercano esté a cero, mayor evidencia presentará para concluir diferencias entre los niveles de los factores considerados (solución y variedad). Por su parte, en la Tabla 10, se presentan los resultados procedentes de aplicar las pruebas de Tukey al comparar los niveles de solución.

Tabla 10. Resultados de las pruebas de Tukey

	DIFERENCIA	LIM INFERIOR	LIM SUPERIOR	VALOR P
BAJO-NINGUNO	-7,70	-11,82	-3,58	0,000
MEDIO-NINGUNO	-4,57	-8,34	-0,80	0,011
ALTO-NINGUNO	-0,49	-4,34	3,37	0,987
MEDIO-BAJO	3,13	-0,81	7,07	0,167
ALTO-BAJO	7,21	3,19	11,23	0,000
ALTO-MEDIO	4,08	0,42	7,74	0,023

En la Tabla 10, se presenta una comparación por pares de tratamiento respecto a la diferencia promedio de los niveles del factor de dosis de nitrógeno (segunda columna). Mientras tanto, en la tercera y cuarta columna, se presentan los límites de los intervalos de confianza para establecer la diferencia promedio de los niveles de dosis de nitrógeno, en tanto en la última columna, se muestra el valor P asociado a una prueba de hipótesis de igualdad de medias entre los niveles. Por

tanto, se constata que, con un nivel de confianza del 95% en medidas *Spad*, las cantidades de clorofila en el valor NINGUNO fueron diferentes a los niveles BAJO y MEDIO, más fueron significativamente iguales para el nivel ALTO.

Otro punto a destacar es el hecho de que los niveles BAJO y MEDIO resultaron iguales entre ellos pero diferentes al nivel ALTO, lo cual llevó a concluir que era posible agrupar los niveles de la siguiente manera: NINGUNO y ALTO hacen parte del grupo A, y BAJO y MEDIO, del grupo B, siendo el grupo A el que genera mayor efecto en la producción de clorofila que el grupo B.

El Análisis de Varianza anterior no contó con el supuesto de que los residuales se distribuyeran normal, pues con una prueba de *Shapiro Wilk*, se obtuvo un valor P de 1.532e-06, lo que, con un nivel de confianza del 95%, indicó que los residuales del ANOVA planteado no se distribuían normales, aproximadamente. En el anexo 1, se muestra el gráfico *qqplot* donde se comparan los cuartiles teóricos de la distribución normal con aquellos obtenidos en la muestra.

Si bien este supuesto es importante, en muestras lo suficientemente grandes como las presentes en este estudio ($n=147$), pueden ser más flexibles (Kuehl, 2001). Por otro lado, mediante una prueba

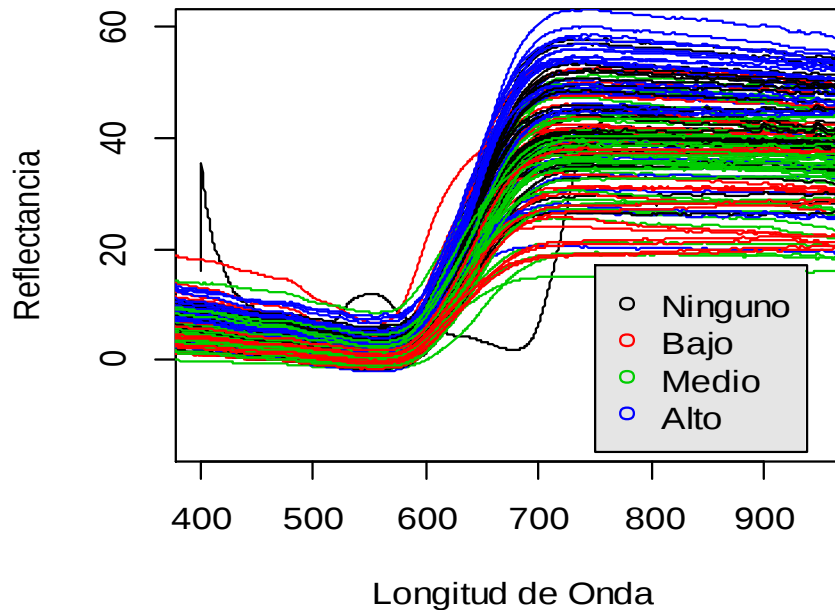
de *Bartlett* y con un nivel de confianza del 95%, se obtuvo un valor P de 0.076, con lo que se pensó en validar el supuesto de homogeneidad de varianzas.

8.1 ANÁLISIS DE LOS INDICADORES

En la Figura 7, se muestra el comportamiento de las firmas espectrales tomadas de las distintas variedades, en el rango de 400 a 900 Nm, discriminadas todas por el tipo de dosificación de N empleado. En el gráfico, se observa que, por

lo general, las firmas Testigo (Ninguno) y alta dosificación de N presentan altos valores de reflectancia.

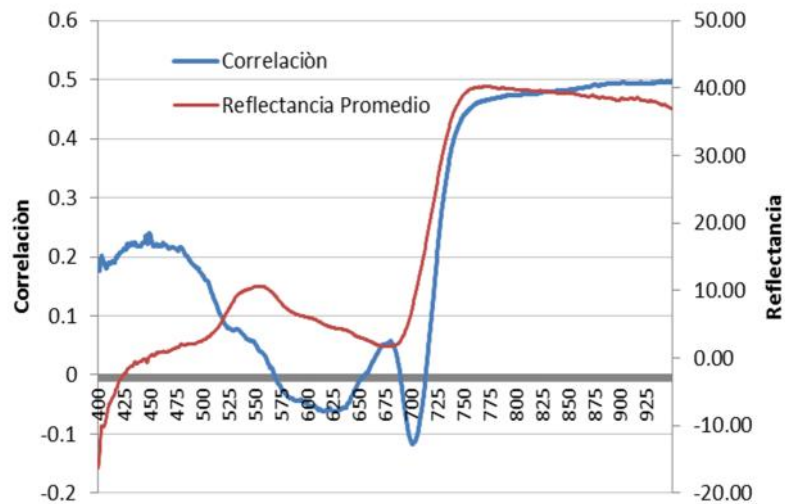
Figura 7. Firmas espectrales de la planta por dosis



Por medio del coeficiente de correlación de *Pearson*, se puede concluir que los rangos espectrales se correlacionan más con la clorofila. A partir de la longitud de onda de 720 nm, la correlación de la reflectancia y los niveles de clorofila medidos en las variedades de caña crecen muy rápido y se estabilizan, aproximadamente, en la longitud de 750 nm, con coeficientes de correlación muy cercanos al 0,5.

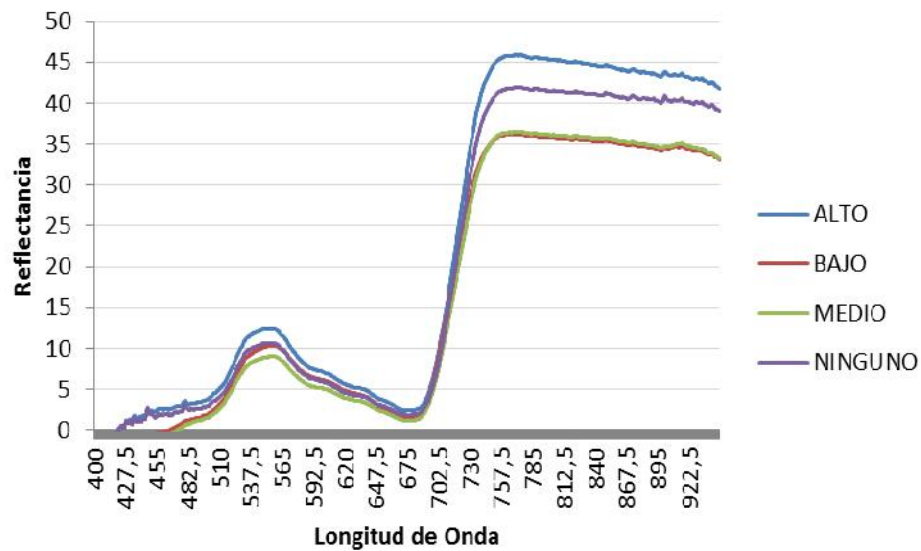
Lo anterior lleva a concluir que la región comprendida a partir de los 750 nm es susceptible a los cambios en los niveles de clorofila, pues esta región cubre parte del infrarrojo cercano. En la Figura 8, la línea azul define la correlación de la reflectancia y la clorofila para cada longitud de onda, mientras que la línea roja expresa la firma espectral promedio de las plantas.

Figura 8. Correlación y firma espectral promedio



De acuerdo con la Figura 8, a partir de las longitudes de onda de 750 Nm, se presentan correlaciones altas y positivas entre la reflectancia y el contenido de clorofila, lo que se traduce en que a mayor reflectancia, mayor contenido de clorofila. Ello es coherente con la Figura 9, donde se presentan las firmas espectrales de las plantas sometidas a diferentes tipos de dosificación, entre las cuales, las firmas espectrales con dosis ALTO y NINGUNO son las que presentan mayor reflectancia promedio. Tal como se concluyó anteriormente con la prueba de Tukey, son también estas firmas las que presentan mayor nivel de clorofila.

Figura 9. Firmas espectrales por dosis



La evaluación de los indicadores se realizó por medio del Coeficiente de Determinación (R^2), correspondiente al cuadrado del Coeficiente de Correlación de *Pearson*, que mide la relación lineal entre los indicadores recomendados en la literatura con el fin de evaluar los niveles de clorofila obtenidos a partir de las medidas de reflectancia, que están en contraste con los valores de clorofila observados y se midieron directamente. Si un indicador es bueno, la relación entre éste y los niveles de clorofila será lineal y se verá reflejada en un coeficiente de correlación alto.

Figura 10. Diagrama de dispersión de Clorofila vs. ZTM

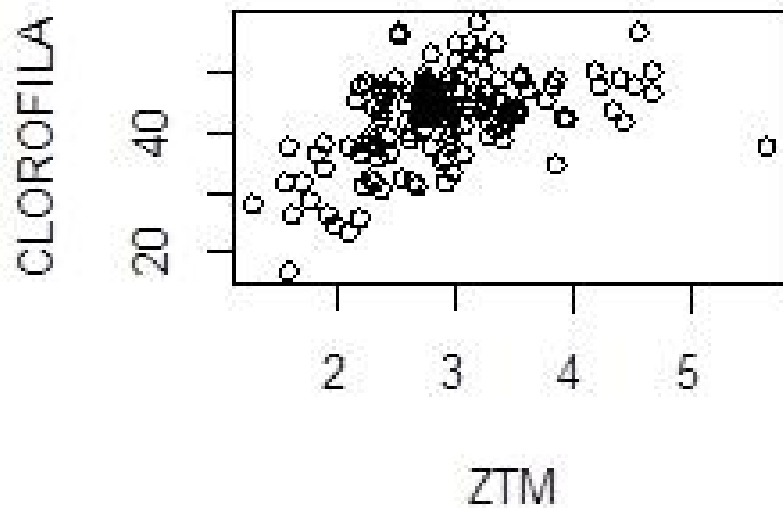
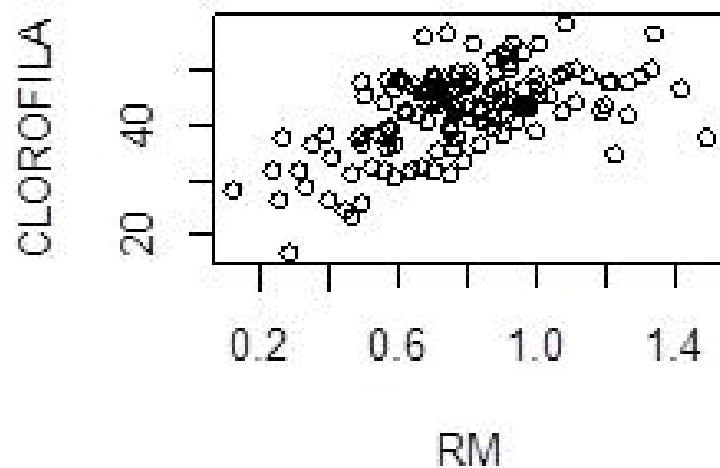


Figura 11. Diagrama de dispersión de Clorofila vs. RM



Respecto a los dos diagramas anteriores, los índices ZTM y RM presentan una relación positiva con el nivel de clorofila, mas esta no es del todo lineal.

Figura 12. Diagrama de dispersión de Clorofila vs. VOG1

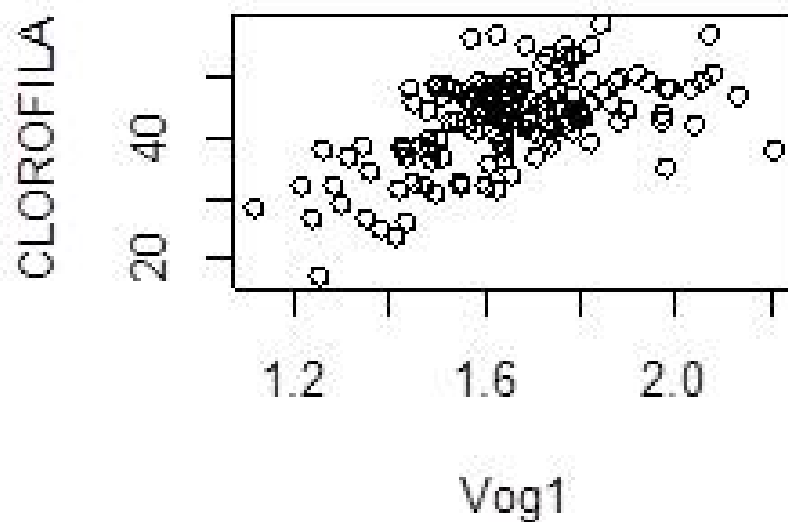


Figura 13. Diagrama de dispersión de Clorofila vs. VOG2

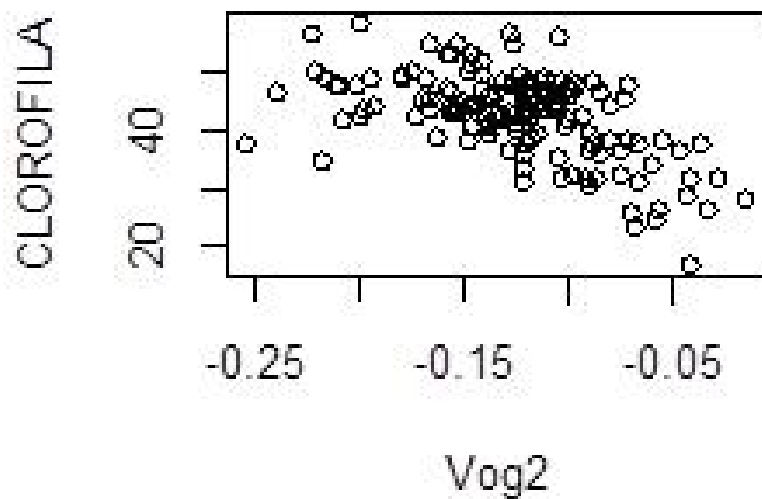
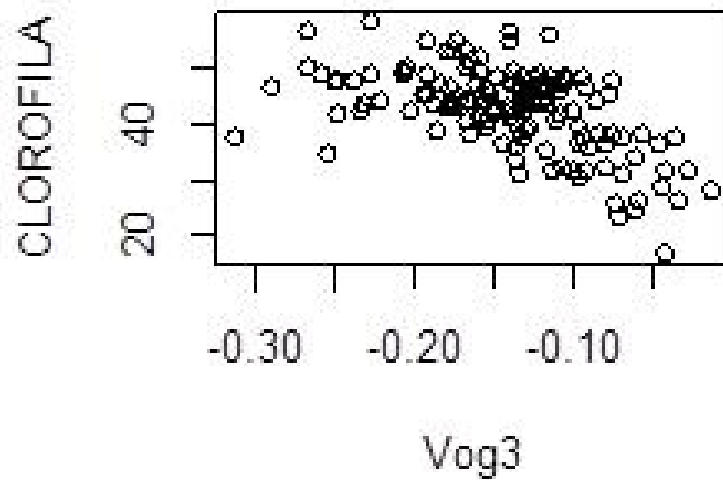
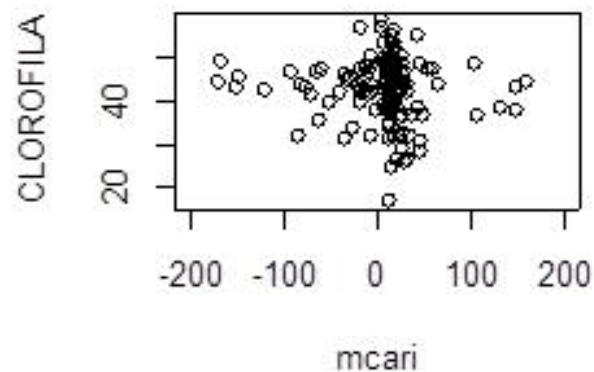


Figura 14. Diagrama de dispersión de Clorofila vs. VOG3



De acuerdo con las gráficas 12, 13 y 14, los índices VOG1, VOG2 y VOG3 presentan asociaciones en el nivel de clorofila: en el caso del indicador VOG1 está relación es positiva, en cambio, para VOG2 y VOG3 es negativa. Por otro lado, las asociaciones parecen no ser lineales.

Figura 15. Diagrama de dispersión de Clorofila vs. MCARI



El indicador MCARI cuenta con un poder predictivo muy bajo puesto que en el gráfico anterior se observa que, a un mismo valor de concentración de clorofila, es más grande la variabilidad del indicador.

Figura 16. Diagrama de dispersión de Clorofila vs. GM1

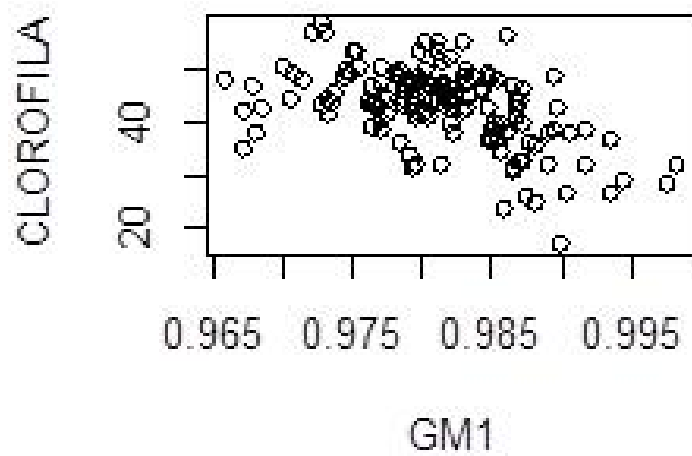


Figura 17. Diagrama de dispersión de Clorofila vs. GM2

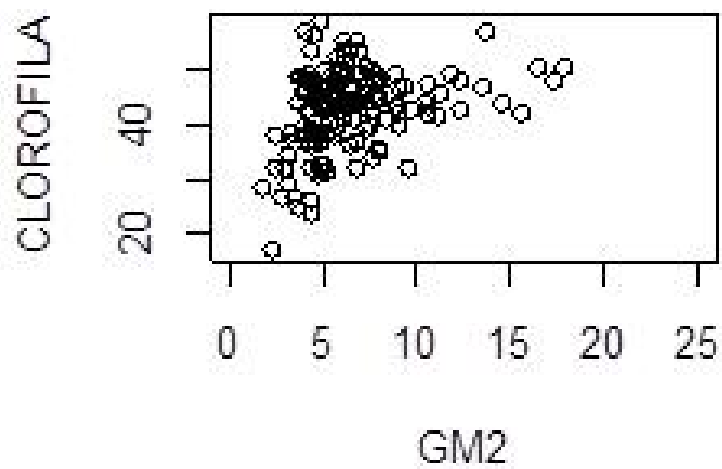
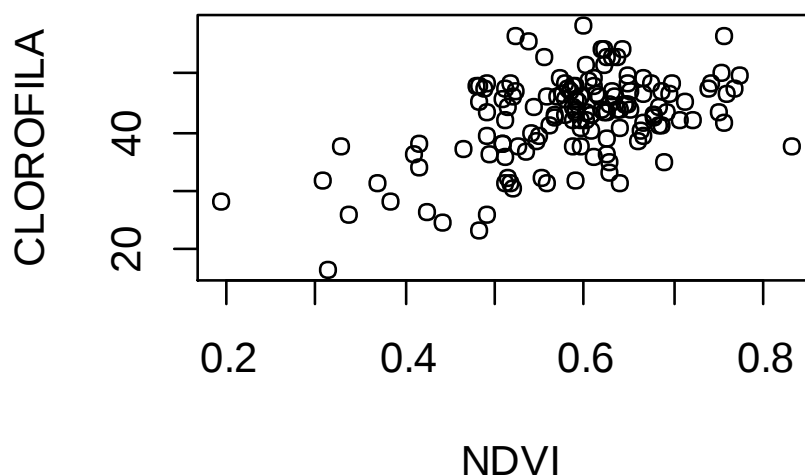


Figura 18. Diagrama de dispersión de Clorofila vs. NDVI



En relación con los indicadores GM1, GM2, y NDVI, en los gráficos 16, 17 y 18 presentan una nube de puntos con una tendencia muy débil.

Tabla 11. Coeficientes de correlación y R2 por indicador

INDICADORES	C. CORRELACIÓN PEARSON	C. DETERMINACIÓN (R2)
mcari	0,12	0,01
Vog1	0,55	0,30
Vog2	-0,55	0,30
Vog3	-0,53	0,28
GM1	-0,49	0,24
GM2	0,14	0,02
ZTM	0,46	0,21
RM	0,55	0,30
NDVI	0,5	0,25

En la Tabla anterior, se presentan los coeficientes de correlación entre los indicadores propuestos y los niveles de clorofila. Se resalta que los indicadores más bajos corresponden a *MCARI* y *GM2*, mientras que *VOG1*, *VOG2* y *RM* son los más altos, de acuerdo con el índice de correlación. Por otro lado, en los diagramas de

dispersión anteriores (ver Figuras 17, 18 y 19), se observa que muchas relaciones entre los indicadores no son lineales con respecto a la clorofila. Al respecto, Montgomery & Peck (2005) presentan algunas transformaciones para linealizar la relación entre dos variables.

Tabla 12. Transformaciones de linealización

FUNCIONES LINEALIZABLES	TRANSFORMACIÓN	FORMA LINEAL
$y = \beta_0 x^{\beta_1}$	$y' = \log y, x' = \log x$	$y' = \log \beta_0 + \beta_1 x'$
$y = \beta_0 x^{\beta_1}$	$y' = \ln y$	$y' = \ln \beta_0 + \beta_1 x'$
$y = \beta_0 + \beta_1 \log x$	$y' = \log y$	$y' = \log \beta_0 + \beta_1 x'$
$y = \beta_0 + \beta_1 \ln x$	$y' = \ln y$	$y' = \ln \beta_0 + \beta_1 x'$
$y = \beta_0 + \beta_1 \sqrt{x}$	$x' = \sqrt{x}$	$y = \beta_0 + \beta_1 x'$
$y = \beta_0 + \beta_1 x^2$	$x' = x^2$	$y = \beta_0 + \beta_1 x'$

En la Tabla 12 se presentan algunas transformaciones que permiten linealizar la relación entre la variable y que corresponde a los niveles de clorofila y la variable x , tomada como los indicadores. Por su parte, en la Tabla 13 se observa que la mejor transformación y el mejor indicador que linealiza la relación con respecto a la clorofila es $y' = \log y, x' = \log x$ y el indicador RM.

Tabla 13. Resultados de los indicadores transformados

INDICADOR	$y' = \log y, x' = \log x$	$x' = \log x$	$x' = \log y$	$x' = \sqrt{x}$	$x' = x^2$
mcari			0,01		0,00
Vog1	0,35	0,33	0,31	0,32	0,27
Vog2			0,30		0,20
Vog3			0,29		0,18
GM1	0,24	0,24	0,25	0,24	0,24
GM2	0,13	0,11	0,02	0,06	
ZTM	0,29	0,27	0,22	0,24	0,15
RM	0,38	0,36	0,31	0,34	0,21
NDVI	0,30	0,27	0,28	0,26	0,21

$y' = \log y$ $x' = \log x$ A partir de este análisis, se realiza un modelo de regresión lineal para estimar los niveles de clorofila, mediante el uso del programa estadístico *R Project* que permite desarrollar el modelo por medio de mínimos cuadrados.

Tabla 14. Coeficientes para la construcción del modelo ajustado

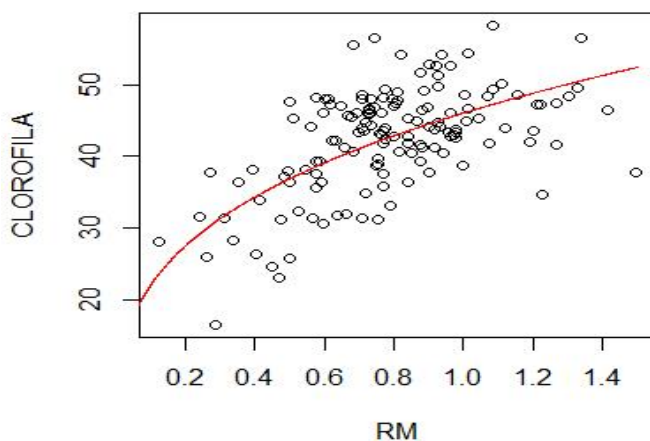
	ESTIMATE	STD. ERROR	T VALUE	PR(> T)	
(Intercept)	3,83014	0,0161	237839	<2e-16	***
$\log \frac{\text{Intercept}}{RM}$	0,3203	0,03377	9484	<2e-16	***

El R^2 asociado al modelo es de 38,28%, es decir, que éste solo explica el 38,3% de la variabilidad total de la variable clorofila. El modelo viene dado de la siguiente manera:

$$\text{Clorofila} = e^{3,83014} RM^{0,3203}$$

La línea de ajuste generada por la anterior ecuación se presenta en la Figura 19.

Figura 19. Diagrama de dispersión de clorofila vs. RM



Un factor importante a tener en cuenta para la descripción de los niveles de clorofila es el tipo de dosis de N empleado.

Tabla 15. Modelo ajustado incluyendo el tipo de solución

	ESTIMATE	STD. ERROR	T VALUE	PR(> T)	
(Intercept)	3,808354	0,029862	127534	2,00E-16	***
SOLUCION BAJO	-0,075449	0,047079	-1603	0,1113	
SOLUCION MEDIO	0,005556	0,039715	0,14	0,8889	
SOLUCION ALTO	0,070736	0,040579	1743	0,0835	.
$\log \frac{\text{SOLUCION I}}{\text{SOLUCION J}}$ RM					
SOLUCION NINGUNO	-0,040462	0,101901	-0,397	0,6919	
log RM:					
SOLUCION BAJO	0,269827	0,052614	5128	9,62E-07	***
$\log \frac{\text{RM:}}{\text{SOLUCION I}}$ RM					
SOLUCION MEDIO	0,424345	0,058318	7276	2,29E-11	***
$\log \frac{\text{RM}}{\text{SOLUCION I}}$ RM					
SOLUCION ALTO	0,266461	0,063106	4222	4,34E-05	***

En la tabla anterior, se muestra el modelo ajustado de clorofila a partir del índice RM y considerando el tipo de solución empleado. Dentro del cuadro, se observan las estimaciones de los parámetros, la desviación estándar y los valores T y P. Cabe anotar que el modelo mostrado presenta un R^2 de 52,87 e incluye variables indicadoras relacionadas con el tipo de solución empleado, de tal modo que se pueden derivar los modelos para describir la clorofila en cada uno de los tipos de soluciones tal y como se relacionan en la Tabla 16.

Tabla 16. Modelos por tipo de solución

TIPO DE SOLUCIÓN	INDICADOR
Ninguna	$Clorofila = e^{3,808354 - 0,040462 RM}$
Baja	$Clorofila = e^{3,732905 - 0,269827 RM}$
Media	$Clorofila = e^{3,81391 - 0,424345 RM}$
Alta	$Clorofila = e^{3,87909 - 0,266461 RM}$

9. DISCUSIÓN

La clorofila es uno de los pigmentos más importantes de la planta. Posee una alta correlación con el aprovechamiento de N, ya que, de acuerdo con Alcántar et al. (2007), esta sustancia (el nitrógeno) está presente en coenzimas, nucleótidos, amidas, ureidos y en la molécula de clorofila. Además, participa en todas las reacciones enzimáticas y el metabolismo, y resulta esencial en la división y expansión celular. Esto es, en el crecimiento y desarrollo de la planta.

Ahora bien, la absorción de nutrientes en la caña de azúcar varía dependiendo de diferentes factores como la variedad analizada (Quintero Durán, 1995). Lo anterior se refleja en el primer análisis realizado en este estudio, donde se aprecia, mediante un diagrama de cajas (ver Figura 6), que el promedio de los contenidos de clorofila medidos con el Clorofilómetro *Spad* evidencia algunas variaciones en las variedades de caña de azúcar CC 06-791 y CC 84-75, las cuales presentan un promedio de Chl más alto que el resto de las variedades estudiadas.

De ahí que, en este proyecto, se haya analizado el contenido de clorofila como evidencia del aprovechamiento de las diferentes dosis de N suministradas a los cultivos hidropónicos utilizados en este estudio, mediante el uso de un diagrama de caja (ver Figura 17) que permitió observar que había una relación directa entre el contenido de la clorofila y los niveles de N, es decir, a mayor nivel de N, mayor contenido de clorofila. Asimismo, se pudo establecer que la solución ALTA (14 mM) respondía mayor que la BAJA, resultado que bien se puede comparar con el obtenido por España et al. (2006) en los tratamientos suministrados a las fresas antes de los 127 días.

Realizando el test ANOVA, se pretendió también verificar si los factores considerados (ver Tabla 7) influían en la variación del contenido de clorofila medido

con *Spad*. El test arrojó resultados de $p=0.0317$ para el factor Variedad y de $p=0,00000181$ para el factor Solución. Ello permitió concluir, con un nivel de confianza del 95%, que existía por lo menos una variedad y un tratamiento de solución que difería en la cantidad de Chl. Dichos resultados son comparables con los obtenidos por (Murillo et al., 2012) en la hacienda Cachimbalito, pues tras aplicar un test ANOVA, el autor pudo concluir con valores de $p<0.025$ que existían diferencias espectrales entre los tratamientos nitrogenados y el testigo sin aplicación.

Posterior a esto, se realizó el test de Tukey para verificar si había una similitud estadísticamente significativa entre las diferentes soluciones (ver Tabla 8). El análisis arrojó resultados de $p=0,987$ para las soluciones ALTO y NINGUNO, y de $p=0,167$ para las soluciones MEDIO y BAJO. Dichos valores diferían de los obtenidos por Cruz Durán (2013) porque, aplicando el test de Tukey, se comprobó que en ese estudio la similitud estadísticamente significativa tanto entre las dosis 0 (NINGUNO) y 4 mm de NO_3 (BAJO) como entre las dosis 12 (MEDIO) y 20 mm NO_3 (ALTO), podía originarse a causa de la variación en el tipo de cultivo analizado, teniendo en cuenta que, según Coraspe-León et al. (2009), la absorción del nitrato por parte de la planta dependía de la especie del vegetal y de factores ambientales como el pH y la temperatura.

Para efectos de este proyecto, se implementó el uso de nueve (9) índices de vegetación para calcular los niveles de clorofila presentes en la planta y solo se utilizaron índices que manejaran el rango espectral a partir de 550 Nm. Esto debido a que las plantas sanas se caracterizaban por un incremento en la reflectancia en el verde (500-600 Nm), una alta absorción en el rojo (600–700 Nm) y una fuerte reflectancia y transmitancia en el infrarrojo (NIR) (700-1500 Nm) (Mirik et al., 2007).

Los resultados obtenidos al implementar estos índices se asemejaron a los que obtuvieron Murillo et al. (2012), tal y como se puede apreciar en la siguiente Tabla:

Tabla 17. Comparación entre los índices propios y los usados por Murillo et al. (2012).

INDICE	ECUACION	C. DETERMINACIÓN(R ²)	
		RESULTADOS PROPIOS	RESULTADOS DE MURILLO ET AL. (2012)
Mcari	$[(R700-R670)-0,2*(R700-R550)]*(R700/R670)$	0,01	0.06
ZTM	$(R750/R710)$	0,21	0.63
R-M	$(R750/R720)-1$	0,3	0.65
NDVI	$[(R750-R705)/(R750+R705)]$	0,25	0.50

De acuerdo con el cuadro anterior, el comportamiento de los índices es equivalente a los obtenidos en este proyecto, ya que el índice que presenta un mejor resultado es el R-M, mientras que el Mcari es el que presenta el resultado más bajo.

La variación (DIFERENCIA) entre los resultados de los valores de R^2 se pudo haber presentado por diversos factores como lo es la edad del cultivo (en otros estudios, se afirma que no existen diferencias significativas entre los tratamientos antes de los 83 días acaecidos después de la siembra (Murillo et al., 2012)), o la variedad de caña estudiada, los componentes del suelo o las condiciones climáticas que, según Quintero Durán (1995), cambian la capacidad de absorción del nutriente, por lo que cambian su respuesta espectral.

Con base en lo anterior, se procedió a generar un modelo que permitiese mejorar la predicción de clorofila en los índices estudiados anteriormente, para lo cual se tomó como base el índice R-M, que presentó la mejor correlación con el contenido de clorofila. Se estudiaron, igualmente, diferentes ecuaciones de transformación (ver Tabla 12) y se escogió la transformación logarítmica al ser la que se comportara de forma más acorde con los datos obtenidos mediante el uso

del *Spad-052*. Cabe anotar que debió incluirse otra variable (DOSIFICACIÓN) para generar el modelo final, pues, aunque su comportamiento era mejor, solo presentaba un $R^2 = 0,38$.

De la misma manera, teniendo en cuenta el resultado del Análisis de Varianza realizado anteriormente (ver Tabla 7) donde se concluyó que el factor que más influía en el comportamiento de la clorofila era la solución nitrogenada adicionada a las plantas estudiadas, se realizó un ajuste en el modelo R-M que incluía el factor Solución (ver Tabla 15) y, así, se obtuvo un modelo que presentase un $R^2=0,5287$. Ello soporta lo dicho por Murillo et al. (2012) quien afirma que los modelos simulados presentan mejores resultados a la hora de la validación ya que los índices estudiados son desarrollados específicamente para otras coberturas vegetales.

10. CONCLUSIONES

Este proyecto permitió evidenciar las variaciones del contenido de clorofila que presentaban las diferentes variedades de caña de azúcar estudiadas y cultivadas bajo las mismas condiciones. Se observó que las variedades CC06-791 y CC84-75 presentaban un nivel de clorofila estadísticamente más alto que las demás variedades estudiadas (ver Tabla 7). Asimismo, teniendo en cuenta el tipo de solución adicionado durante el proceso de crecimiento, se pudo observar la influencia que tenía la adición de fertilizantes nitrogenados en los niveles de clorofila encontrados en la planta (ver Figura 7), mostrando esto una relación directa en el incremento de los niveles de Chl.

Se encontró, además, que las variedades a las que se suministró el tratamiento de Solución de 14Mm No_3/Nh_4 (ALTA) presentaron un incremento en los niveles de clorofila medidos en unidades *Spad*, al igual que las variedades sembradas en suelo desnudo sin ningún tipo de tratamiento (Testigo). Lo anterior

pudo ocurrir debido a que las plantas no solo necesitaban nitrógeno, sino que también extraían otros componentes del suelo que ayudaban a su desarrollo (ver Tabla 1) y los cuales no estaban presentes en las soluciones nitrogenadas implementadas para este estudio.

Mediante el uso del test de Tukey, se encontró una similitud estadísticamente significativa entre las soluciones ALTA y NINGUNO, y MEDIA y BAJA, concluyendo así, con un nivel de confianza del 95%, que estas se comportaron igual en relación con el contenido de clorofila presente en las plantas. Ello demostró también que, con estudios similares, se podría optimizar la adición de fertilizantes para alcanzar de este modo niveles óptimos de crecimiento y producción.

Ahora, en relación con el uso de índices de vegetación hiperespectrales para medir los niveles de clorofila, se puede decir que se presentan bajas correlaciones con las medidas realizadas por el medidor *Spad* (Ver Tabla 11), lo cual puede ser ocasionado porque los índices implementados en este estudio fueron creados para otro tipo de plantas y en otras condiciones experimentales. Asimismo, vale la pena resaltar que algunos autores como Richardson et al (2002) encontraron que el *Spad* arrojaba medidas menos precisas en niveles altos de clorofila.

Por medio del coeficiente de correlación de Pearson, se pudo someter a evaluación la relación o la asociación entre los índices de vegetación y la concentración de clorofila medida directamente de las plantas. De ahí que se presumió que un buen índice de vegetación debía tener una fuerte relación lineal con la clorofila. En este sentido, se encontró que los índices RM, VOG1, VOG2 y VOG3 presentaron la mayor correlación, pese a que las relaciones no eran del todo lineales, y, por tal motivo, se tuvo que realizar un proceso de linealización por medio del uso de un índice transformado de RM con el fin de generar un índice más exacto para la predicción de clorofila en plantas que se encontrasen en esas condiciones.

Los resultados obtenidos permitieron reafirmar la teoría planteada por Imanishi et al. (2004) quienes aseguraban que los cambios presentados en la región comprendida entre 680 y 780 Nm se debían a los cambios en la concentración de clorofila, puesto que el índice que mejor se correlacionaba con los datos tomados, mediante el uso del clorofilómetro *Spad-502*, era el *Red-edge model (RM)* implementado por Gitelson et al. (2005) y el cual presentó un coeficiente de correlación de 0.55, definido tal y como lo enuncia la siguiente ecuación:

$$RM = \left(\frac{750}{720} \right) - 1$$

Dado los resultados conseguidos tras aplicar el índice *RM*, se decidió modificar este indicador para que presentara un mayor porcentaje de predicción en los niveles de clorofila. El cambio bien se puede apreciar en la ecuación que sigue:

$$Clorofila = e^{3,83014} RM^{0,3203}$$

Partiendo de las longitudes de 750 Nm, los coeficientes de correlación fueron los más altos, muy cercanos al 0,5. Ello llevó a concluir que la región comprendida desde los 750 Nm era más susceptible a los cambios en los niveles de clorofila pues cubría parte del infrarrojo cercano.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, E. (2007). *Análisis de regresión lineal*. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico. Departamento de matemáticas.
- Alcántar, G., Trejo-Téllez, L., Fernández P.L. & Rodríguez, M. (2007). Elementos esenciales. En: *Nutrición de Cultivos*. Mexico, págs. 7-48.
- Álvarez, R. (2001). Eficiencia de conversión de nitrógeno en cultivos de maíz de la pampa ondulada. *VII Congreso Nacional de Maíz*.
- Baret, F., Vanderbilt, V.C. & Steven, M.D. (1994). Use of spectral analogy to evaluate canopy reflectance sensitivity to leaf optical properties. En: *Remote Sensing of Environment*. 48, págs. 253-260.
- Barnes J.D. & L.B. (1992). A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls A and B in lichens and higher plants. En: *Environ. Exp. Bot.* 32, págs. 85-100.
- Bremner, J.M. & Mulvaney, C.S. (1982). *Methods of soil analysis. Part 2 chemical and microbiological properties*. Págs. 595-624.
- Carter, G.A. & Spiering, B.A. (2002). Optical properties of intact leave for estimating chlorophyll concentration. En: *J. Environ. Qual.* 31, págs. 1424-1432.
- Castro, B.R. (1998). *Índices nutrimentales en tomate de cáscara: Physalis Ixocarpa Brot* (Tesis de Maestría). México: Colegio de Postgraduados.
- Cendrero, M.P., Oltrá R. & Talens J.V. (2004). *Análisis multi-temporal del contenido de Clorofila en la zona de Barrax en el año 2004* (Tesis de Maestría). España: Universitat de Valencia.
- Choudhury, B.J., Ahmed, N.U., Idso, S.B., Reginato, R.J., & Daughtry, C.S.T. (1994). Relations between evaporation coefficients and vegetation indexes studied by model simulations. En: *Remote Sensing of Environment*. 50(1), págs. 1–17.
- Chuvieco, E. (1996). *Fundamentos de teledetección espacial. 3ª ed. revisada*. Madrid: Rialp, S.A.

- _____ (2007). Teledetección audiovisual: la observación de la tierra desde el espacio". Barcelona: Ariel.
- Cisneros, J.J. & Godfrey, L. (2001). Midseason pest status of the cotton aphid (Homoptera: Aphididae) in California cotton: is nitrogen a key factor? En: *Environmental Entomology*. 30, págs. 501-510.
- Conover, W., Johnson, M. E. & Johnson, M. (1981). A Comparative Study of Tests for Homogeneity of Variances with Applications to the Outer Continental Shelf Bidding Data. En: *Technometrics*. 23, págs. 351– 361.
- Costa, C., Dwyer, L.M., Dutilleul, P., Stewart, D.W. & Smith, J.D. (2001). Inter-relationships of applied nitrogen, *Spad* and yield of leafy and nonleafy maize enotypes. En: *J. Plant Nutr.* 24, págs. 1173-1194.
- Cruz Durán, J. (2013). *Reflectancia en hojas de pimienta y fresa para el diagnóstico instrumental*. México: Colegio de Postgraduados. Instituto de enseñanza e investigación en Ciencias Agrícolas.
- Curran, P.J. (1989). Remote sensing of foliar Chemistry. En: *Remote Sens. Environ.* 30, págs. 271-278.
- Epstein, E. & Bloom, A. (2005). *Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. 2nd edition*. Sunderland: Sinauer Associates, Inc. Publishers.
- España, E.A. (2006). Estimación del estado nitrogenado de plantas de fresa a partir de su respuesta espectral. En: *Revista Fitotécnica Mexicana*. 29(004), págs. 349-356.
- Gárate, A., & Bonilla, I. (2001). Nutrición mineral y producción vegetal. En: *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Madrid: Ed. McGraw-Hill e Interamericana de España, S. A. Págs. 113-130.
- Gates, D.M., Keegan, H.J., Schleter, J.C. & Weidner, V.R. (1965). Spectral properties of plants. En: *Applied Optics*. 4(1), págs. 11-20.
- Gitelson, A.A., Viña, A., Ciganda, V., Rundquist, D.C. & Arkebauer, T.J. (2005). Remote Estimation of Canopy Chlorophyll Content in Crops. En: *Geophysical Research Letters*. 32.

- González, D., M.P. & Mateos, L. (2008). Spectral vegetation indices for benchmarking water productivity of irrigated cotton and sugarbeet crops. En: *Agricultural water management*. 95, págs. 48-58.
- Horler, D., Dockray, M., Barber, J. & Barringer, A. (1983). Red edge measurements for remotely sensing plant chlorophyll content. En: *Adv. Space Res.* 3, págs. 273-277.
- Imanishi, J., Sugimoto, K. & Morimoto, Y. (2004). Detecting drought status and LAI of two *Quercus* species canopies using derivative spectra. En: *Computers and Electronics in Agriculture*. 43, págs. 109-129.
- Jago, R.A., Cutler, M. & Curran, P.J. (1999). Estimating canopy chlorophyll concentration from field and airborne spectra. En: *Remote Sens. Environ.* 68, págs. 217-224.
- Johnson & Raun, W. (2001). In-season prediction of potential grain yield in winter wheat using canopy reflectance. En: *Agron.* 2(93), págs. 131-138.
- Jones, J.B., Wolf, B. & Mills, H.A. (1991). *Plant analysis handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Atenas: Micro-Macro- Publishing.
- K. Raja, R., Gretchen, F., Sassenrath, C. & Tarpley, L. (2000). Reflectance indices with precision and accuracy in predicting cotton leaf nitrogen concentration. En: *Crop Science*. 40(6), págs. 1814-1819.
- Kuehl, R.O. (2001). *Diseño de experimentos. Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. 2da edición*. México: International Thomson Editores.
- Layard, M. (1973). Robust Large-Sample Test for Homogeneity of Variances. En: *Journal of the American Statistical Association*. 68(341), págs. 195–198.
- Lee, W.S., Alchanatis, V., Yang, C., Hirafuji, M., Moshou, D. & C. Lif (2010). Sensing technologies for precision specialty crop production. En: *Computers and Electronics in Agriculture*. 2, págs. 2-33.

- Luna, C.A. (2006). Aumento de la productividad de caña de azúcar por unidad de área cultivada. En: *Publicación de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar – Tecnicaña*. 10(18), págs. 4-19.
- Mandal, U.K., Victor, U.S., Srivastava, N. N., Sharma, K. L., Ramesh, V., Vanaja, M., Korwar, G.R. & Ramakrishna, Y. S. (2007). Estimating yield of sorghum using root zone water balance model and spectral characteristics of crop in a dryland Alfisol. En: *Agricultural water management*. 87(3), págs. 315-327.
- Marschner, H. (1995). Functions of mineral nutrients: micronutrients. En: *Mineral nutrition of higher plants (2 ed.)*. Londres: Academic Press. Págs. 313-404.
- Melchiori, R. (2007). Estado actual del manejo sitio específico de nitrógeno en Argentina. En: Villarroel, D. y A. Méndez (Ed.) Libro 7mo. Curso internacional de Agricultura de Precisión y Maquinas Precisas. Págs. 77-84.
- Mincomercio (2013). Recuperado de <http://www.mincomercio.gov.co>
- Mirik, M., Michels Jr. G.J., Kassymzh ANOVA-Mirik, S. & Elliott, N.C. (2007). Reflectance characteristics of Russian wheat aphid (Hemiptera: Aphididae) stress and abundance in winter wheat. En: *Computers and Electronics in Agriculture*. 57, págs. 123-134.
- Montgomery, D.C. (2004). *Diseño y análisis de experimentos. 2da edición*. México: Editorial Limusa.
- _____ & Peck, E.A. (2005). *Introducción al análisis de regresión lineal. Tercera edición*. México: CECSA.
- Moran, R. (1982). Formulae for determination of chlorophyll pigments extracted with N.N-dimethylformamide. En: *Plant Physiol*. 69, págs. 1376-1381.
- Mullen, R.K. (2003). Identifying an in-season response index and the potential to increase wheat yield with nitrogen. En: *Agron. J.* 2(95), págs. 347-351.
- Murillo, P.J. & Carbonell J.A. (2012). Capítulo 5. Espectroradiometría de campo. En: *Principios y aplicaciones de la percepción remota en el cultivo de la caña de azúcar en Colombia*. Cenicaña. Págs. 119-163.

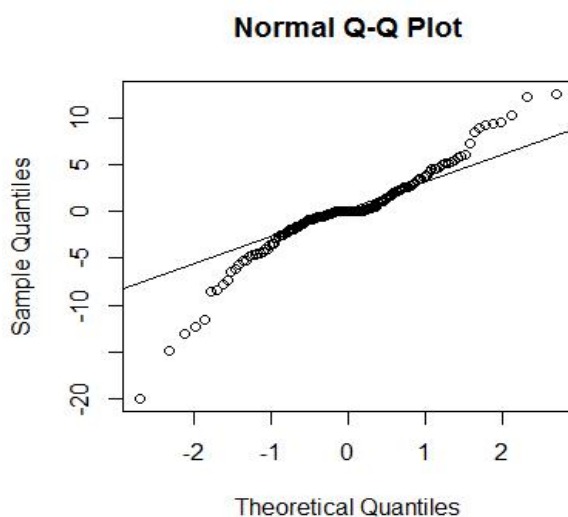
- Noh H., Q., Zhang, B., Shin, S.H. & Feng, L. (2006). *A neural network model of maize crop nitrogen stress assessment for a multi-spectral imaging sensor. Byosystems Engineering*. 94, págs. 477-785.
- Palacios-Vélez, E. & Palacios-Sánchez. J. (2013). *Introducción a los sensores remotos y a los sistemas de información geográfica. Agricultura Asistida por Sensores Remotos*. México: Colegio de Postgraduados. Hidrociencias.
- Palma-López, D. J., Salgado-García, S., Obrador-Olán, J. J., Trujillo-Narcia, A. & Lagunes-Espinoza, L. (2002). Sistema integrado para recomendar dosis de fertilización en caña de azúcar (SIRDF). En: *Terra 20*. Págs. 347-358.
- Perafán, F. (2009). Azúcar de caña: Colombia. Recuperado de <http://www.perafan.com/ea02azuc.html>
- Pérez, M. & Castro, B. (2010). Using a flatbed scanner to measure detergency. A cost-effective under. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Quintero Durán, R. (1995). Fertilización y nutrición. En: Cenicaña. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cenicaña. Págs. 153-177.
- Rangel-Lucio, J., Alcántar-González, G., Castellanos-Ramos, J.Z., García- Moya, E., Trejos-López, C. & Vaquera-Huerta, H. (2002). Comparación de dos pruebas para diagnosticar nitrógeno en sorgo. En: *Terra 20*. Págs. 383-390.
- Raun W., Solie, J., Stone, M., Freeman, K., Martin, K. & Teal, R. (2004). Cómo aumentar la eficiencia de uso del nitrógeno del cereal utilizando tecnología basada en sensores. *XII Congreso Nacional de AAPRESID*. Págs. 365-371.
- Richardson, A.D., Duigan, S.P., y Berlyn, G.P. (2002). *An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content*. New Phytol. 153(1), págs. 185-194.
- Romero, E.R., Olea, I., Scandaliaris, J., Alonso, J., Digonzelli, P. & Tonatto, J. (2008). *Grupos homogéneos de suelos del área dedicada al cultivo de la caña en el Valle del Rio Cauca. 2da aproximación*.
- Rosero, E., Solarte, E., Fernández, A., Peña, E. & Peña, M. (2008). Detección de nitrógeno en un humedal artificial de flujo subsuperficial utilizando métodos

- espectroscópicos de fluorescencia y reflectancia. En: *Bistua*. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas. 6(2), págs. 1-6.
- Sachdchina, T.M. & V.V. Dimitrieva (1995). Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. En: *Plant Nutr.* 18, págs. 1427-1437.
- Salisbury, F.B. & Ross C. (1994). *Fisiología vegetal*. Grupo Editorial Iberoamericano.
- Sims, D.A. & Gamon, J.A. (2002). Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. En: *Remote Sensing of Environment*. 81, págs. 337-354.
- Solari, F., J. Shanahan, R. Ferguson, J. Schepers y A. Gitelson (2008). Active sensor reflectance measurements of corn nitrogen status and yield potential. En: *Agron. J.* 100, págs. 571–579.
- Soria, R. C., Ortiz-Solorio, C. A., Islas, F. G. & Volke, F. H. (1998). *Sensores remotos: Principios y aplicaciones en la evaluación de los recursos naturales*. 7ª ed. México: CONACYT, Colegio de Postgraduados, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.
- Suárez, J. A. (2010). Potencialidades y limitaciones en el uso de sensores remotos para el monitoreo de caña de azúcar en Guatemala CENGICANÁ.
- Subirós, F. (1995). *El cultivo de la caña de azúcar*. San José: EUNed. 448 p.
- Taiz, E. & Zeiger, L. (2002). *Plant physiology*. Sunderland: Sinauer Associates, Inc. Publishers.
- Thorp, K.R, W.G. (2012). Estimating crop biophysical properties from remote sensing data by inverting linked radiative transfer and ecophysiological models. En: *Remote Sensing of Environment*. 124, págs. 224-233.
- Tukey, J. W. (1953). *The problem of multiple comparisons*. Princeton: Princeton University Press.
- Varvel, G.E., Wilhelm, W.W., Shanahan, J.F. y Schepers, J.S. (2007). An algorithm for corn nitrogen recommendations using a chlorophyll meter based sufficiency index. En: *Agronomy Journal*. 99, págs. 701-706.

- Vaughan, P. (2001). *Estimación del contenido de humedad de la vegetación mediante espectroradiometría* (Tesis doctoral). España: Universidad de Alcalá.
- Vesela, A., Barros, A.S., Synytsya, A., Delgadillo, I., Copíková, J. & Coimbra, M.A. (2007). Infrared spectroscopy and outer product analysis for quantification of fat, nitrogen and moisture of cocoa powder. En: *Analytic chimica acta*. 601, págs. 77-86.
- Wood, C.W., D.W. Reeves & D.G. Himelrich (1994). Relationships between chlorophyll meter reading and crop chlorophyll concentration, N status, and yield. En: *A review Proc. Agron. Soc. New Zealand*. 23, págs. 1-9.
- Wu, C., Niu, Z., Tang, Q. & Huang, W. (2008). Estimating chlorophyll content from hyperspectral vegetation indices: Modeling and validation. En: *Agricultural and forest meteorology*. 148, págs. 1230-1241.
- Zhao, D., Reddy, K. R., Kakani, V. G. & Reddy V. (2005). Nitrogen deficiency effects on plant growth, leaf photosynthesis, and hyper spectral reflectance properties of sorghum. En: *European Journal of Agronomy*. Págs. 391-403.

ANEXOS

ANEXO 1. DIAGRAMA QQPLOT



ANEXO 2. RESPUESTA ESPECTRAL CAPTURADA CON EL ESPECTRORADIÓMETRO EPP200 UVN-SR-14 BW 16 DE LA COMPAÑÍA STELLAR NET

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZUCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
400	-9,07E+03	2,16E+03	-8,92E+03	-1,28E+04	4,81E+04	-1,72E+04
400,5	-8,80E+03	2,51E+03	-8,05E+03	-1,22E+04	4,63E+04	-1,63E+04
401	-8,18E+03	1,64E+03	-7,19E+03	-1,15E+04	4,49E+04	-1,53E+04
401,5	-7,35E+03	1,25E+03	-6,58E+03	-1,10E+04	4,34E+04	-1,41E+04
402	-6,63E+03	1,82E+03	-6,44E+03	-1,07E+04	4,18E+04	-1,27E+04
402,5	-6,13E+03	2,37E+03	-6,38E+03	-1,03E+04	4,03E+04	-1,14E+04
403	-6,15E+03	3,07E+03	-6,34E+03	-1,01E+04	3,89E+04	-1,06E+04
403,5	-6,51E+03	3,17E+03	-6,34E+03	-9,62E+03	3,78E+04	-1,06E+04
404	-6,88E+03	3,15E+03	-6,41E+03	-8,97E+03	3,66E+04	-1,11E+04

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
404,5	-7,35E+03	3,30E+03	-6,54E+03	-8,25E+03	3,56E+04	-1,12E+04
405	-7,68E+03	3,46E+03	-6,45E+03	-7,73E+03	3,46E+04	-1,12E+04
405,5	-7,73E+03	3,34E+03	-6,02E+03	-7,38E+03	3,41E+04	-1,09E+04
406	-7,64E+03	3,25E+03	-5,47E+03	-7,17E+03	3,36E+04	-1,05E+04
406,5	-7,32E+03	3,15E+03	-5,00E+03	-6,84E+03	3,31E+04	-1,01E+04
407	-6,74E+03	2,84E+03	-4,36E+03	-6,34E+03	3,26E+04	-9,67E+03
407,5	-6,07E+03	2,45E+03	-3,75E+03	-5,86E+03	3,19E+04	-9,02E+03
408	-5,48E+03	2,28E+03	-3,38E+03	-5,56E+03	3,12E+04	-8,52E+03
408,5	-5,14E+03	2,26E+03	-3,28E+03	-5,42E+03	3,03E+04	-7,86E+03
409	-4,78E+03	2,36E+03	-3,29E+03	-5,38E+03	2,95E+04	-7,37E+03
409,5	-4,69E+03	2,91E+03	-3,22E+03	-5,30E+03	2,89E+04	-6,99E+03
410	-4,48E+03	3,03E+03	-2,83E+03	-5,26E+03	2,83E+04	-6,50E+03
410,5	-4,31E+03	2,92E+03	-2,45E+03	-4,88E+03	2,77E+04	-6,18E+03
411	-4,34E+03	2,79E+03	-2,22E+03	-4,59E+03	2,71E+04	-5,97E+03
411,5	-4,47E+03	2,75E+03	-2,30E+03	-4,26E+03	2,66E+04	-6,01E+03
412	-4,65E+03	2,95E+03	-2,38E+03	-3,86E+03	2,61E+04	-5,94E+03
412,5	-4,66E+03	3,30E+03	-2,46E+03	-3,71E+03	2,56E+04	-5,84E+03
413	-4,44E+03	3,35E+03	-2,39E+03	-3,52E+03	2,52E+04	-5,61E+03
413,5	-4,22E+03	3,28E+03	-2,35E+03	-3,39E+03	2,51E+04	-5,34E+03
414	-4,03E+03	3,14E+03	-2,33E+03	-3,22E+03	2,49E+04	-5,13E+03
414,5	-3,82E+03	3,08E+03	-2,31E+03	-2,93E+03	2,47E+04	-5,01E+03
415	-3,63E+03	3,16E+03	-2,21E+03	-2,76E+03	2,43E+04	-4,79E+03
415,5	-3,42E+03	3,25E+03	-2,00E+03	-2,73E+03	2,39E+04	-4,50E+03
416	-3,23E+03	3,16E+03	-1,78E+03	-2,68E+03	2,36E+04	-4,10E+03
416,5	-3,16E+03	3,16E+03	-1,60E+03	-2,59E+03	2,31E+04	-3,74E+03
417	-3,19E+03	3,13E+03	-1,49E+03	-2,46E+03	2,28E+04	-3,41E+03
417,5	-3,25E+03	3,07E+03	-1,36E+03	-2,35E+03	2,25E+04	-3,31E+03
418	-3,25E+03	2,99E+03	-1,16E+03	-2,19E+03	2,22E+04	-3,32E+03
418,5	-3,08E+03	3,05E+03	-1,14E+03	-2,15E+03	2,20E+04	-3,26E+03
419	-2,88E+03	3,34E+03	-1,10E+03	-2,21E+03	2,17E+04	-3,06E+03
419,5	-2,67E+03	3,71E+03	-1,02E+03	-2,14E+03	2,12E+04	-2,77E+03
420	-2,53E+03	3,83E+03	-9,04E+02	-2,20E+03	2,07E+04	-2,48E+03

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
420,5	-2,44E+03	3,74E+03	-8,17E+02	-2,13E+03	2,04E+04	-2,28E+03
421	-2,38E+03	3,71E+03	-8,09E+02	-2,04E+03	2,02E+04	-2,08E+03
421,5	-2,45E+03	3,73E+03	-8,91E+02	-1,96E+03	2,02E+04	-1,86E+03
422	-2,51E+03	3,79E+03	-9,66E+02	-1,77E+03	2,00E+04	-1,66E+03
422,5	-2,63E+03	3,91E+03	-9,63E+02	-1,57E+03	1,97E+04	-1,37E+03
423	-2,68E+03	3,96E+03	-8,52E+02	-1,41E+03	1,92E+04	-9,89E+02
423,5	-2,61E+03	4,05E+03	-6,75E+02	-1,20E+03	1,88E+04	-7,75E+02
424	-2,42E+03	3,90E+03	-3,91E+02	-1,11E+03	1,85E+04	-6,43E+02
424,5	-2,27E+03	3,70E+03	-1,53E+02	-1,06E+03	1,81E+04	-5,56E+02
425	-2,21E+03	3,59E+03	5,61E+01	-9,88E+02	1,78E+04	-5,63E+02
425,5	-2,22E+03	3,43E+03	1,43E+02	-9,19E+02	1,74E+04	-5,00E+02
426	-2,34E+03	3,22E+03	1,43E+02	-7,61E+02	1,70E+04	-3,67E+02
426,5	-2,36E+03	3,08E+03	1,36E+02	-5,93E+02	1,67E+04	-1,77E+02
427	-2,31E+03	3,21E+03	9,76E+01	-4,98E+02	1,63E+04	7,77E+01
427,5	-2,28E+03	3,44E+03	3,58E+01	-4,02E+02	1,60E+04	2,01E+02
428	-2,16E+03	3,62E+03	-5,21E+01	-3,36E+02	1,57E+04	3,46E+02
428,5	-2,01E+03	3,59E+03	-1,34E+01	-2,69E+02	1,54E+04	3,34E+02
429	-1,88E+03	3,48E+03	8,45E+01	-1,69E+02	1,51E+04	3,06E+02
429,5	-1,77E+03	3,40E+03	1,90E+02	-7,34E+01	1,48E+04	3,19E+02
430	-1,63E+03	3,41E+03	3,59E+02	-9,09E+01	1,46E+04	5,02E+02
430,5	-1,54E+03	3,43E+03	4,20E+02	-8,23E+01	1,43E+04	7,70E+02
431	-1,44E+03	3,43E+03	4,34E+02	-3,98E+01	1,41E+04	9,85E+02
431,5	-1,43E+03	3,40E+03	4,61E+02	2,42E+01	1,39E+04	1,08E+03
432	-1,45E+03	3,24E+03	5,26E+02	9,57E+01	1,38E+04	1,11E+03
432,5	-1,45E+03	3,26E+03	6,51E+02	2,16E+02	1,38E+04	1,13E+03
433	-1,44E+03	3,28E+03	8,02E+02	2,97E+02	1,38E+04	1,24E+03
433,5	-1,35E+03	3,42E+03	9,24E+02	2,60E+02	1,36E+04	1,51E+03
434	-1,40E+03	3,70E+03	9,11E+02	2,19E+02	1,35E+04	1,68E+03
434,5	-1,54E+03	3,87E+03	8,47E+02	1,30E+02	1,33E+04	1,75E+03
435	-1,63E+03	4,03E+03	7,92E+02	1,12E+02	1,32E+04	1,72E+03
435,5	-1,69E+03	3,98E+03	7,76E+02	2,14E+02	1,31E+04	1,54E+03
436	-1,66E+03	3,84E+03	8,20E+02	2,95E+02	1,30E+04	1,35E+03

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
436,5	-1,60E+03	3,70E+03	8,37E+02	3,90E+02	1,29E+04	1,26E+03
437	-1,59E+03	3,53E+03	7,78E+02	4,53E+02	1,29E+04	1,26E+03
437,5	-1,54E+03	3,35E+03	7,66E+02	5,00E+02	1,28E+04	1,33E+03
438	-1,48E+03	3,28E+03	7,43E+02	5,26E+02	1,27E+04	1,46E+03
438,5	-1,37E+03	3,30E+03	7,40E+02	5,22E+02	1,27E+04	1,56E+03
439	-1,30E+03	3,36E+03	8,86E+02	4,46E+02	1,26E+04	1,66E+03
439,5	-1,24E+03	3,46E+03	9,84E+02	4,33E+02	1,24E+04	1,72E+03
440	-1,26E+03	3,39E+03	1,06E+03	4,77E+02	1,23E+04	1,75E+03
440,5	-1,28E+03	3,40E+03	1,09E+03	5,58E+02	1,20E+04	1,78E+03
441	-1,40E+03	3,46E+03	9,86E+02	6,79E+02	1,18E+04	1,77E+03
441,5	-1,48E+03	3,54E+03	8,92E+02	7,92E+02	1,18E+04	1,77E+03
442	-1,47E+03	3,72E+03	8,58E+02	8,60E+02	1,18E+04	1,86E+03
442,5	-1,40E+03	3,79E+03	8,54E+02	8,66E+02	1,18E+04	2,01E+03
443	-1,30E+03	3,68E+03	8,90E+02	8,59E+02	1,19E+04	2,04E+03
443,5	-1,27E+03	3,54E+03	9,35E+02	8,23E+02	1,18E+04	2,12E+03
444	-1,31E+03	3,40E+03	9,84E+02	8,12E+02	1,18E+04	2,18E+03
444,5	-1,35E+03	3,29E+03	1,10E+03	8,81E+02	1,17E+04	2,20E+03
445	-1,39E+03	3,21E+03	1,23E+03	9,74E+02	1,15E+04	2,25E+03
445,5	-3,18E+03	1,12E+03	1,11E+03	9,53E+02	1,13E+04	2,20E+03
446	-6,34E+03	-2,64E+03	7,65E+02	7,76E+02	1,10E+04	2,05E+03
446,5	-8,59E+03	-5,26E+03	5,19E+02	6,17E+02	1,08E+04	1,95E+03
447	-9,37E+03	-6,24E+03	4,48E+02	6,28E+02	1,07E+04	2,05E+03
447,5	-7,64E+03	-4,23E+03	6,88E+02	8,76E+02	1,05E+04	2,26E+03
448	-5,45E+03	-1,60E+03	9,53E+02	1,16E+03	1,04E+04	2,44E+03
448,5	-4,07E+03	6,69E+01	1,07E+03	1,34E+03	1,02E+04	2,53E+03
449	-3,17E+03	1,12E+03	1,15E+03	1,41E+03	1,02E+04	2,60E+03
449,5	-2,51E+03	1,91E+03	1,24E+03	1,40E+03	1,02E+04	2,75E+03
450	-2,03E+03	2,45E+03	1,34E+03	1,40E+03	1,02E+04	2,95E+03
450,5	-1,66E+03	2,77E+03	1,45E+03	1,46E+03	1,01E+04	3,11E+03
451	-1,40E+03	3,00E+03	1,54E+03	1,53E+03	9,99E+03	3,18E+03
451,5	-1,17E+03	3,16E+03	1,61E+03	1,56E+03	9,86E+03	3,17E+03
452	-9,96E+02	3,31E+03	1,63E+03	1,51E+03	9,77E+03	3,13E+03

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
452,5	-9,75E+02	3,37E+03	1,62E+03	1,43E+03	9,77E+03	3,09E+03
453	-9,69E+02	3,29E+03	1,60E+03	1,35E+03	9,77E+03	3,08E+03
453,5	-9,52E+02	3,19E+03	1,60E+03	1,35E+03	9,81E+03	3,11E+03
454	-9,45E+02	3,09E+03	1,62E+03	1,40E+03	9,79E+03	3,19E+03
454,5	-8,81E+02	3,05E+03	1,68E+03	1,45E+03	9,69E+03	3,32E+03
455	-7,83E+02	3,21E+03	1,80E+03	1,47E+03	9,61E+03	3,49E+03
455,5	-6,73E+02	3,36E+03	1,94E+03	1,51E+03	9,53E+03	3,61E+03
456	-5,48E+02	3,45E+03	2,08E+03	1,57E+03	9,41E+03	3,72E+03
456,5	-5,19E+02	3,51E+03	2,17E+03	1,62E+03	9,34E+03	3,68E+03
457	-5,48E+02	3,54E+03	2,21E+03	1,63E+03	9,24E+03	3,59E+03
457,5	-5,47E+02	3,61E+03	2,21E+03	1,63E+03	9,18E+03	3,58E+03
458	-5,47E+02	3,61E+03	2,15E+03	1,61E+03	9,14E+03	3,54E+03
458,5	-5,48E+02	3,55E+03	2,09E+03	1,63E+03	9,09E+03	3,55E+03
459	-5,41E+02	3,47E+03	2,04E+03	1,69E+03	9,03E+03	3,56E+03
459,5	-5,78E+02	3,41E+03	2,03E+03	1,75E+03	8,96E+03	3,56E+03
460	-6,11E+02	3,41E+03	2,07E+03	1,84E+03	8,92E+03	3,56E+03
460,5	-6,13E+02	3,48E+03	2,10E+03	1,90E+03	8,91E+03	3,55E+03
461	-5,87E+02	3,51E+03	2,13E+03	1,96E+03	8,91E+03	3,60E+03
461,5	-5,63E+02	3,52E+03	2,12E+03	2,02E+03	8,91E+03	3,67E+03
462	-5,53E+02	3,51E+03	2,08E+03	2,00E+03	8,91E+03	3,72E+03
462,5	-5,63E+02	3,54E+03	2,03E+03	1,94E+03	8,90E+03	3,75E+03
463	-6,15E+02	3,50E+03	2,02E+03	1,89E+03	8,90E+03	3,73E+03
463,5	-6,57E+02	3,49E+03	2,06E+03	1,81E+03	8,85E+03	3,71E+03
464	-6,86E+02	3,49E+03	2,09E+03	1,78E+03	8,79E+03	3,67E+03
464,5	-6,89E+02	3,48E+03	2,09E+03	1,79E+03	8,71E+03	3,67E+03
465	-6,72E+02	3,52E+03	2,07E+03	1,77E+03	8,62E+03	3,66E+03
465,5	-6,74E+02	3,52E+03	2,01E+03	1,74E+03	8,54E+03	3,66E+03
466	-6,60E+02	3,59E+03	1,99E+03	1,75E+03	8,41E+03	3,69E+03
466,5	-6,85E+02	3,62E+03	1,98E+03	1,80E+03	8,31E+03	3,68E+03
467	-6,99E+02	3,58E+03	1,97E+03	1,87E+03	8,23E+03	3,66E+03
467,5	-6,97E+02	3,54E+03	1,97E+03	1,92E+03	8,20E+03	3,67E+03
468	-6,73E+02	3,49E+03	2,00E+03	1,95E+03	8,19E+03	3,68E+03

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
468,5	-6,35E+02	3,41E+03	2,07E+03	1,94E+03	8,13E+03	3,73E+03
469	-5,80E+02	3,41E+03	2,14E+03	1,95E+03	8,02E+03	3,80E+03
469,5	-5,40E+02	3,41E+03	2,21E+03	1,96E+03	7,93E+03	3,87E+03
470	-5,36E+02	3,45E+03	2,21E+03	2,00E+03	7,85E+03	3,92E+03
470,5	-5,32E+02	3,46E+03	2,19E+03	2,02E+03	7,80E+03	3,96E+03
471	-5,04E+02	3,50E+03	2,18E+03	2,00E+03	7,75E+03	4,03E+03
471,5	-4,88E+02	3,57E+03	2,16E+03	2,01E+03	7,71E+03	4,05E+03
472	-4,66E+02	3,65E+03	2,15E+03	2,05E+03	7,67E+03	4,05E+03
472,5	-4,47E+02	3,69E+03	2,13E+03	2,06E+03	7,59E+03	4,03E+03
473	-4,23E+02	3,69E+03	2,15E+03	2,11E+03	7,50E+03	4,01E+03
473,5	-3,69E+02	3,66E+03	2,18E+03	2,16E+03	7,37E+03	4,02E+03
474	-3,04E+02	3,60E+03	2,23E+03	2,19E+03	7,26E+03	4,04E+03
474,5	-2,62E+02	3,55E+03	2,29E+03	2,26E+03	7,14E+03	4,10E+03
475	-2,72E+02	3,49E+03	2,31E+03	2,31E+03	7,01E+03	4,11E+03
475,5	-3,10E+02	3,47E+03	2,30E+03	2,35E+03	6,90E+03	4,13E+03
476	-3,64E+02	3,47E+03	2,27E+03	2,38E+03	6,82E+03	4,12E+03
476,5	-3,95E+02	3,48E+03	2,24E+03	2,39E+03	6,78E+03	4,14E+03
477	-3,91E+02	3,54E+03	2,24E+03	2,40E+03	6,74E+03	4,20E+03
477,5	-3,81E+02	3,58E+03	2,25E+03	2,40E+03	6,64E+03	4,28E+03
478	-3,52E+02	3,65E+03	2,27E+03	2,38E+03	6,54E+03	4,39E+03
478,5	-3,33E+02	3,74E+03	2,23E+03	2,37E+03	6,42E+03	4,50E+03
479	-3,26E+02	3,78E+03	2,18E+03	2,36E+03	6,30E+03	4,59E+03
479,5	-3,18E+02	3,75E+03	2,15E+03	2,34E+03	6,19E+03	4,64E+03
480	-3,20E+02	3,68E+03	2,17E+03	2,39E+03	6,11E+03	4,62E+03
480,5	-3,14E+02	3,58E+03	2,21E+03	2,43E+03	6,04E+03	4,59E+03
481	-2,79E+02	3,50E+03	2,24E+03	2,48E+03	5,96E+03	4,57E+03
481,5	-2,47E+02	3,44E+03	2,24E+03	2,53E+03	5,88E+03	4,57E+03
482	-2,26E+02	3,40E+03	2,23E+03	2,54E+03	5,81E+03	4,59E+03
482,5	-2,03E+02	3,39E+03	2,25E+03	2,56E+03	5,74E+03	4,59E+03
483	-2,00E+02	3,38E+03	2,28E+03	2,59E+03	5,73E+03	4,60E+03
483,5	-1,95E+02	3,37E+03	2,32E+03	2,62E+03	5,71E+03	4,62E+03
484	-1,75E+02	3,38E+03	2,37E+03	2,65E+03	5,66E+03	4,64E+03

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
484,5	-1,63E+02	3,37E+03	2,40E+03	2,64E+03	5,62E+03	4,70E+03
485	-1,62E+02	3,37E+03	2,42E+03	2,61E+03	5,58E+03	4,76E+03
485,5	-1,50E+02	3,35E+03	2,42E+03	2,60E+03	5,54E+03	4,80E+03
486	-1,40E+02	3,33E+03	2,43E+03	2,60E+03	5,54E+03	4,84E+03
486,5	-1,23E+02	3,30E+03	2,44E+03	2,62E+03	5,49E+03	4,82E+03
487	-7,32E+01	3,31E+03	2,46E+03	2,67E+03	5,44E+03	4,80E+03
487,5	-4,64E+01	3,33E+03	2,48E+03	2,71E+03	5,40E+03	4,77E+03
488	-2,70E+01	3,37E+03	2,49E+03	2,72E+03	5,35E+03	4,76E+03
488,5	-1,53E+01	3,40E+03	2,51E+03	2,72E+03	5,29E+03	4,80E+03
489	8,96E+00	3,39E+03	2,52E+03	2,70E+03	5,25E+03	4,85E+03
489,5	3,15E+01	3,38E+03	2,56E+03	2,68E+03	5,22E+03	4,89E+03
490	3,64E+01	3,34E+03	2,60E+03	2,70E+03	5,20E+03	4,93E+03
490,5	3,59E+01	3,33E+03	2,64E+03	2,72E+03	5,18E+03	4,93E+03
491	1,29E+01	3,36E+03	2,65E+03	2,76E+03	5,15E+03	4,93E+03
491,5	-6,49E+00	3,35E+03	2,65E+03	2,80E+03	5,15E+03	4,92E+03
492	-1,69E+01	3,35E+03	2,63E+03	2,84E+03	5,15E+03	4,91E+03
492,5	-1,60E+01	3,34E+03	2,60E+03	2,88E+03	5,16E+03	4,92E+03
493	-4,63E+00	3,33E+03	2,59E+03	2,89E+03	5,17E+03	4,94E+03
493,5	1,12E+01	3,33E+03	2,58E+03	2,91E+03	5,14E+03	4,97E+03
494	3,56E+01	3,35E+03	2,61E+03	2,94E+03	5,12E+03	5,02E+03
494,5	5,16E+01	3,39E+03	2,65E+03	2,95E+03	5,10E+03	5,09E+03
495	8,03E+01	3,44E+03	2,72E+03	2,95E+03	5,07E+03	5,16E+03
495,5	1,12E+02	3,47E+03	2,78E+03	2,97E+03	5,05E+03	5,22E+03
496	1,44E+02	3,49E+03	2,84E+03	2,99E+03	5,02E+03	5,26E+03
496,5	1,66E+02	3,48E+03	2,88E+03	3,03E+03	5,03E+03	5,27E+03
497	1,92E+02	3,46E+03	2,91E+03	3,08E+03	5,04E+03	5,30E+03
497,5	2,20E+02	3,48E+03	2,92E+03	3,11E+03	5,05E+03	5,33E+03
498	2,41E+02	3,50E+03	2,94E+03	3,15E+03	5,07E+03	5,36E+03
498,5	2,63E+02	3,52E+03	2,96E+03	3,18E+03	5,08E+03	5,40E+03
499	2,73E+02	3,56E+03	2,99E+03	3,21E+03	5,10E+03	5,44E+03
499,5	2,75E+02	3,62E+03	3,01E+03	3,26E+03	5,09E+03	5,49E+03
500	2,94E+02	3,72E+03	3,01E+03	3,29E+03	5,05E+03	5,57E+03

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
500,5	3,20E+02	3,81E+03	3,03E+03	3,32E+03	5,03E+03	5,64E+03
501	3,65E+02	3,87E+03	3,08E+03	3,36E+03	5,02E+03	5,71E+03
501,5	4,23E+02	3,91E+03	3,15E+03	3,41E+03	5,06E+03	5,76E+03
502	4,85E+02	3,91E+03	3,24E+03	3,46E+03	5,11E+03	5,80E+03
502,5	5,46E+02	3,90E+03	3,30E+03	3,51E+03	5,15E+03	5,84E+03
503	5,95E+02	3,92E+03	3,35E+03	3,55E+03	5,19E+03	5,90E+03
503,5	6,31E+02	3,99E+03	3,39E+03	3,59E+03	5,21E+03	5,99E+03
504	6,71E+02	4,07E+03	3,44E+03	3,67E+03	5,24E+03	6,10E+03
504,5	7,00E+02	4,14E+03	3,50E+03	3,73E+03	5,27E+03	6,22E+03
505	7,16E+02	4,16E+03	3,56E+03	3,79E+03	5,28E+03	6,30E+03
505,5	7,32E+02	4,17E+03	3,61E+03	3,87E+03	5,28E+03	6,33E+03
506	7,36E+02	4,18E+03	3,66E+03	3,94E+03	5,30E+03	6,34E+03
506,5	7,38E+02	4,20E+03	3,71E+03	4,05E+03	5,35E+03	6,35E+03
507	7,98E+02	4,25E+03	3,78E+03	4,15E+03	5,39E+03	6,43E+03
507,5	8,45E+02	4,30E+03	3,87E+03	4,25E+03	5,43E+03	6,54E+03
508	9,16E+02	4,34E+03	3,97E+03	4,34E+03	5,44E+03	6,68E+03
508,5	9,87E+02	4,39E+03	4,06E+03	4,45E+03	5,46E+03	6,81E+03
509	1,03E+03	4,41E+03	4,18E+03	4,56E+03	5,48E+03	6,92E+03
509,5	1,08E+03	4,43E+03	4,30E+03	4,69E+03	5,49E+03	7,03E+03
510	1,12E+03	4,47E+03	4,42E+03	4,80E+03	5,49E+03	7,13E+03
510,5	1,17E+03	4,53E+03	4,52E+03	4,93E+03	5,50E+03	7,23E+03
511	1,23E+03	4,60E+03	4,63E+03	5,05E+03	5,56E+03	7,32E+03
511,5	1,29E+03	4,69E+03	4,75E+03	5,17E+03	5,63E+03	7,44E+03
512	1,35E+03	4,75E+03	4,86E+03	5,28E+03	5,71E+03	7,55E+03
512,5	1,42E+03	4,82E+03	4,97E+03	5,38E+03	5,77E+03	7,67E+03
513	1,49E+03	4,88E+03	5,06E+03	5,51E+03	5,80E+03	7,79E+03
513,5	1,55E+03	4,95E+03	5,16E+03	5,66E+03	5,83E+03	7,91E+03
514	1,61E+03	5,05E+03	5,29E+03	5,82E+03	5,83E+03	8,03E+03
514,5	1,67E+03	5,14E+03	5,42E+03	5,97E+03	5,86E+03	8,17E+03
515	1,76E+03	5,25E+03	5,56E+03	6,12E+03	5,88E+03	8,31E+03
515,5	1,86E+03	5,36E+03	5,72E+03	6,27E+03	5,93E+03	8,47E+03
516	1,97E+03	5,45E+03	5,89E+03	6,43E+03	6,00E+03	8,65E+03

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
516,5	2,08E+03	5,54E+03	6,06E+03	6,60E+03	6,06E+03	8,84E+03
517	2,19E+03	5,64E+03	6,22E+03	6,76E+03	6,15E+03	9,04E+03
517,5	2,28E+03	5,76E+03	6,35E+03	6,92E+03	6,25E+03	9,23E+03
518	2,36E+03	5,86E+03	6,47E+03	7,08E+03	6,33E+03	9,42E+03
518,5	2,45E+03	5,96E+03	6,62E+03	7,26E+03	6,42E+03	9,62E+03
519	2,55E+03	6,04E+03	6,81E+03	7,46E+03	6,49E+03	9,80E+03
519,5	2,68E+03	6,11E+03	7,03E+03	7,67E+03	6,54E+03	9,99E+03
520	2,79E+03	6,20E+03	7,25E+03	7,89E+03	6,59E+03	1,02E+04
520,5	2,89E+03	6,32E+03	7,46E+03	8,11E+03	6,65E+03	1,04E+04
521	2,99E+03	6,43E+03	7,64E+03	8,32E+03	6,72E+03	1,06E+04
521,5	3,07E+03	6,53E+03	7,79E+03	8,53E+03	6,79E+03	1,07E+04
522	3,17E+03	6,63E+03	7,95E+03	8,74E+03	6,89E+03	1,09E+04
522,5	3,26E+03	6,71E+03	8,10E+03	8,96E+03	6,98E+03	1,11E+04
523	3,36E+03	6,81E+03	8,26E+03	9,18E+03	7,07E+03	1,13E+04
523,5	3,48E+03	6,90E+03	8,45E+03	9,40E+03	7,15E+03	1,15E+04
524	3,61E+03	6,99E+03	8,65E+03	9,59E+03	7,23E+03	1,17E+04
524,5	3,74E+03	7,12E+03	8,84E+03	9,74E+03	7,33E+03	1,19E+04
525	3,86E+03	7,24E+03	9,01E+03	9,89E+03	7,45E+03	1,21E+04
525,5	3,94E+03	7,36E+03	9,18E+03	1,01E+04	7,56E+03	1,23E+04
526	4,04E+03	7,47E+03	9,34E+03	1,02E+04	7,66E+03	1,25E+04
526,5	4,15E+03	7,56E+03	9,53E+03	1,04E+04	7,75E+03	1,27E+04
527	4,27E+03	7,66E+03	9,70E+03	1,06E+04	7,82E+03	1,29E+04
527,5	4,39E+03	7,77E+03	9,86E+03	1,08E+04	7,88E+03	1,31E+04
528	4,50E+03	7,90E+03	1,00E+04	1,10E+04	7,96E+03	1,33E+04
528,5	4,57E+03	8,04E+03	1,02E+04	1,12E+04	8,04E+03	1,35E+04
529	4,63E+03	8,17E+03	1,03E+04	1,13E+04	8,14E+03	1,36E+04
529,5	4,70E+03	8,30E+03	1,05E+04	1,15E+04	8,23E+03	1,38E+04
530	4,78E+03	8,42E+03	1,06E+04	1,17E+04	8,31E+03	1,39E+04
530,5	4,89E+03	8,58E+03	1,07E+04	1,18E+04	8,39E+03	1,41E+04
531	5,00E+03	8,71E+03	1,09E+04	1,20E+04	8,46E+03	1,43E+04
531,5	5,10E+03	8,81E+03	1,10E+04	1,21E+04	8,54E+03	1,44E+04
532	5,19E+03	8,87E+03	1,11E+04	1,22E+04	8,62E+03	1,46E+04

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
532,5	5,26E+03	8,90E+03	1,12E+04	1,23E+04	8,69E+03	1,47E+04
533	5,31E+03	8,95E+03	1,13E+04	1,25E+04	8,77E+03	1,48E+04
533,5	5,37E+03	9,03E+03	1,14E+04	1,26E+04	8,84E+03	1,49E+04
534	5,43E+03	9,12E+03	1,15E+04	1,27E+04	8,91E+03	1,50E+04
534,5	5,49E+03	9,20E+03	1,16E+04	1,28E+04	8,96E+03	1,51E+04
535	5,55E+03	9,28E+03	1,17E+04	1,29E+04	8,99E+03	1,52E+04
535,5	5,59E+03	9,37E+03	1,18E+04	1,30E+04	9,00E+03	1,52E+04
536	5,63E+03	9,44E+03	1,19E+04	1,31E+04	9,03E+03	1,53E+04
536,5	5,68E+03	9,52E+03	1,19E+04	1,31E+04	9,06E+03	1,54E+04
537	5,73E+03	9,57E+03	1,20E+04	1,32E+04	9,09E+03	1,54E+04
537,5	5,79E+03	9,61E+03	1,20E+04	1,33E+04	9,13E+03	1,55E+04
538	5,85E+03	9,65E+03	1,21E+04	1,34E+04	9,18E+03	1,55E+04
538,5	5,89E+03	9,68E+03	1,21E+04	1,34E+04	9,23E+03	1,56E+04
539	5,93E+03	9,71E+03	1,22E+04	1,35E+04	9,29E+03	1,57E+04
539,5	5,95E+03	9,73E+03	1,23E+04	1,35E+04	9,34E+03	1,57E+04
540	5,98E+03	9,75E+03	1,23E+04	1,36E+04	9,38E+03	1,57E+04
540,5	6,00E+03	9,80E+03	1,23E+04	1,36E+04	9,38E+03	1,58E+04
541	6,01E+03	9,85E+03	1,24E+04	1,36E+04	9,39E+03	1,58E+04
541,5	6,02E+03	9,90E+03	1,24E+04	1,36E+04	9,37E+03	1,59E+04
542	6,03E+03	9,95E+03	1,24E+04	1,36E+04	9,36E+03	1,59E+04
542,5	6,05E+03	9,99E+03	1,24E+04	1,36E+04	9,36E+03	1,60E+04
543	6,08E+03	1,01E+04	1,25E+04	1,37E+04	9,36E+03	1,60E+04
543,5	6,11E+03	1,01E+04	1,25E+04	1,37E+04	9,38E+03	1,60E+04
544	6,14E+03	1,02E+04	1,26E+04	1,38E+04	9,41E+03	1,61E+04
544,5	6,16E+03	1,02E+04	1,26E+04	1,38E+04	9,44E+03	1,61E+04
545	6,16E+03	1,02E+04	1,26E+04	1,38E+04	9,46E+03	1,61E+04
545,5	6,15E+03	1,02E+04	1,26E+04	1,38E+04	9,48E+03	1,61E+04
546	6,15E+03	1,03E+04	1,26E+04	1,38E+04	9,51E+03	1,62E+04
546,5	6,14E+03	1,03E+04	1,26E+04	1,38E+04	9,53E+03	1,62E+04
547	6,16E+03	1,04E+04	1,27E+04	1,38E+04	9,57E+03	1,62E+04
547,5	6,21E+03	1,04E+04	1,27E+04	1,38E+04	9,58E+03	1,63E+04
548	6,27E+03	1,05E+04	1,27E+04	1,38E+04	9,59E+03	1,64E+04

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
548,5	6,31E+03	1,05E+04	1,28E+04	1,39E+04	9,60E+03	1,64E+04
549	6,34E+03	1,06E+04	1,28E+04	1,39E+04	9,61E+03	1,64E+04
549,5	6,33E+03	1,06E+04	1,28E+04	1,39E+04	9,60E+03	1,64E+04
550	6,33E+03	1,06E+04	1,29E+04	1,39E+04	9,59E+03	1,64E+04
550,5	6,32E+03	1,06E+04	1,29E+04	1,40E+04	9,56E+03	1,64E+04
551	6,32E+03	1,05E+04	1,29E+04	1,40E+04	9,53E+03	1,64E+04
551,5	6,33E+03	1,05E+04	1,30E+04	1,40E+04	9,51E+03	1,65E+04
552	6,31E+03	1,05E+04	1,30E+04	1,40E+04	9,49E+03	1,65E+04
552,5	6,31E+03	1,06E+04	1,30E+04	1,41E+04	9,48E+03	1,65E+04
553	6,31E+03	1,06E+04	1,30E+04	1,41E+04	9,48E+03	1,65E+04
553,5	6,33E+03	1,06E+04	1,30E+04	1,41E+04	9,48E+03	1,65E+04
554	6,35E+03	1,07E+04	1,30E+04	1,42E+04	9,48E+03	1,65E+04
554,5	6,37E+03	1,07E+04	1,30E+04	1,42E+04	9,47E+03	1,64E+04
555	6,37E+03	1,08E+04	1,30E+04	1,42E+04	9,45E+03	1,64E+04
555,5	6,37E+03	1,08E+04	1,30E+04	1,41E+04	9,42E+03	1,64E+04
556	6,37E+03	1,08E+04	1,30E+04	1,41E+04	9,40E+03	1,64E+04
556,5	6,35E+03	1,08E+04	1,29E+04	1,41E+04	9,36E+03	1,64E+04
557	6,34E+03	1,08E+04	1,29E+04	1,40E+04	9,31E+03	1,64E+04
557,5	6,33E+03	1,07E+04	1,29E+04	1,40E+04	9,28E+03	1,64E+04
558	6,32E+03	1,07E+04	1,29E+04	1,39E+04	9,26E+03	1,63E+04
558,5	6,31E+03	1,07E+04	1,28E+04	1,39E+04	9,24E+03	1,63E+04
559	6,29E+03	1,07E+04	1,28E+04	1,38E+04	9,23E+03	1,63E+04
559,5	6,26E+03	1,07E+04	1,28E+04	1,38E+04	9,19E+03	1,62E+04
560	6,23E+03	1,07E+04	1,27E+04	1,37E+04	9,14E+03	1,62E+04
560,5	6,18E+03	1,06E+04	1,27E+04	1,36E+04	9,08E+03	1,61E+04
561	6,12E+03	1,06E+04	1,26E+04	1,35E+04	9,04E+03	1,60E+04
561,5	6,06E+03	1,05E+04	1,26E+04	1,34E+04	9,00E+03	1,59E+04
562	6,01E+03	1,05E+04	1,25E+04	1,34E+04	8,95E+03	1,59E+04
562,5	5,96E+03	1,05E+04	1,25E+04	1,33E+04	8,89E+03	1,58E+04
563	5,92E+03	1,04E+04	1,24E+04	1,32E+04	8,82E+03	1,57E+04
563,5	5,88E+03	1,04E+04	1,23E+04	1,31E+04	8,75E+03	1,57E+04
564	5,82E+03	1,04E+04	1,23E+04	1,30E+04	8,68E+03	1,56E+04

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
564,5	5,74E+03	1,03E+04	1,22E+04	1,28E+04	8,62E+03	1,55E+04
565	5,69E+03	1,03E+04	1,21E+04	1,27E+04	8,56E+03	1,54E+04
565,5	5,64E+03	1,03E+04	1,21E+04	1,26E+04	8,49E+03	1,53E+04
566	5,59E+03	1,03E+04	1,20E+04	1,25E+04	8,42E+03	1,52E+04
566,5	5,55E+03	1,03E+04	1,19E+04	1,24E+04	8,34E+03	1,52E+04
567	5,49E+03	1,02E+04	1,18E+04	1,23E+04	8,26E+03	1,51E+04
567,5	5,42E+03	1,01E+04	1,17E+04	1,22E+04	8,18E+03	1,49E+04
568	5,32E+03	1,00E+04	1,16E+04	1,21E+04	8,10E+03	1,48E+04
568,5	5,22E+03	9,92E+03	1,15E+04	1,19E+04	8,02E+03	1,46E+04
569	5,12E+03	9,84E+03	1,13E+04	1,18E+04	7,95E+03	1,45E+04
569,5	5,04E+03	9,77E+03	1,12E+04	1,17E+04	7,87E+03	1,44E+04
570	4,96E+03	9,70E+03	1,11E+04	1,15E+04	7,79E+03	1,42E+04
570,5	4,88E+03	9,64E+03	1,09E+04	1,14E+04	7,70E+03	1,41E+04
571	4,79E+03	9,57E+03	1,08E+04	1,12E+04	7,59E+03	1,40E+04
571,5	4,69E+03	9,49E+03	1,07E+04	1,10E+04	7,52E+03	1,39E+04
572	4,60E+03	9,41E+03	1,06E+04	1,09E+04	7,47E+03	1,37E+04
572,5	4,51E+03	9,32E+03	1,05E+04	1,07E+04	7,41E+03	1,36E+04
573	4,43E+03	9,24E+03	1,04E+04	1,05E+04	7,35E+03	1,34E+04
573,5	4,36E+03	9,17E+03	1,03E+04	1,04E+04	7,27E+03	1,33E+04
574	4,29E+03	9,11E+03	1,02E+04	1,03E+04	7,18E+03	1,31E+04
574,5	4,21E+03	9,04E+03	1,00E+04	1,01E+04	7,10E+03	1,30E+04
575	4,14E+03	8,97E+03	9,91E+03	1,00E+04	7,03E+03	1,29E+04
575,5	4,07E+03	8,89E+03	9,81E+03	9,92E+03	6,96E+03	1,27E+04
576	4,00E+03	8,81E+03	9,71E+03	9,80E+03	6,90E+03	1,26E+04
576,5	3,93E+03	8,75E+03	9,60E+03	9,67E+03	6,86E+03	1,25E+04
577	3,85E+03	8,67E+03	9,50E+03	9,54E+03	6,82E+03	1,23E+04
577,5	3,77E+03	8,60E+03	9,41E+03	9,41E+03	6,76E+03	1,22E+04
578	3,69E+03	8,53E+03	9,32E+03	9,30E+03	6,70E+03	1,20E+04
578,5	3,63E+03	8,46E+03	9,23E+03	9,19E+03	6,63E+03	1,19E+04
579	3,57E+03	8,40E+03	9,13E+03	9,09E+03	6,58E+03	1,18E+04
579,5	3,51E+03	8,34E+03	9,04E+03	8,98E+03	6,53E+03	1,17E+04
580	3,45E+03	8,29E+03	8,94E+03	8,88E+03	6,49E+03	1,17E+04

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
580,5	3,38E+03	8,24E+03	8,85E+03	8,77E+03	6,45E+03	1,16E+04
581	3,33E+03	8,20E+03	8,77E+03	8,67E+03	6,41E+03	1,15E+04
581,5	3,28E+03	8,14E+03	8,69E+03	8,58E+03	6,38E+03	1,14E+04
582	3,25E+03	8,07E+03	8,62E+03	8,50E+03	6,34E+03	1,13E+04
582,5	3,22E+03	8,01E+03	8,56E+03	8,41E+03	6,28E+03	1,12E+04
583	3,17E+03	7,95E+03	8,50E+03	8,33E+03	6,22E+03	1,12E+04
583,5	3,12E+03	7,90E+03	8,44E+03	8,23E+03	6,17E+03	1,11E+04
584	3,06E+03	7,85E+03	8,37E+03	8,14E+03	6,14E+03	1,10E+04
584,5	3,02E+03	7,79E+03	8,30E+03	8,07E+03	6,11E+03	1,09E+04
585	2,99E+03	7,74E+03	8,23E+03	8,01E+03	6,08E+03	1,09E+04
585,5	2,96E+03	7,70E+03	8,16E+03	7,96E+03	6,05E+03	1,08E+04
586	2,93E+03	7,68E+03	8,10E+03	7,91E+03	6,01E+03	1,07E+04
586,5	2,90E+03	7,65E+03	8,04E+03	7,85E+03	5,97E+03	1,07E+04
587	2,88E+03	7,64E+03	8,00E+03	7,79E+03	5,93E+03	1,06E+04
587,5	2,85E+03	7,61E+03	7,97E+03	7,73E+03	5,90E+03	1,06E+04
588	2,81E+03	7,57E+03	7,93E+03	7,67E+03	5,88E+03	1,05E+04
588,5	2,77E+03	7,54E+03	7,89E+03	7,62E+03	5,85E+03	1,05E+04
589	2,72E+03	7,50E+03	7,84E+03	7,57E+03	5,81E+03	1,04E+04
589,5	2,68E+03	7,46E+03	7,79E+03	7,52E+03	5,77E+03	1,04E+04
590	2,65E+03	7,42E+03	7,76E+03	7,48E+03	5,74E+03	1,03E+04
590,5	2,64E+03	7,38E+03	7,73E+03	7,44E+03	5,73E+03	1,03E+04
591	2,63E+03	7,34E+03	7,71E+03	7,41E+03	5,72E+03	1,02E+04
591,5	2,62E+03	7,32E+03	7,68E+03	7,38E+03	5,72E+03	1,02E+04
592	2,60E+03	7,29E+03	7,64E+03	7,35E+03	5,71E+03	1,02E+04
592,5	2,59E+03	7,26E+03	7,60E+03	7,33E+03	5,70E+03	1,01E+04
593	2,58E+03	7,23E+03	7,57E+03	7,29E+03	5,69E+03	1,01E+04
593,5	2,56E+03	7,21E+03	7,55E+03	7,26E+03	5,67E+03	1,01E+04
594	2,54E+03	7,20E+03	7,53E+03	7,23E+03	5,65E+03	1,00E+04
594,5	2,52E+03	7,19E+03	7,50E+03	7,19E+03	5,63E+03	1,00E+04
595	2,50E+03	7,16E+03	7,47E+03	7,16E+03	5,61E+03	9,98E+03
595,5	2,48E+03	7,14E+03	7,43E+03	7,14E+03	5,59E+03	9,96E+03
596	2,47E+03	7,12E+03	7,40E+03	7,12E+03	5,57E+03	9,95E+03

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
596,5	2,45E+03	7,10E+03	7,37E+03	7,09E+03	5,54E+03	9,94E+03
597	2,43E+03	7,08E+03	7,34E+03	7,05E+03	5,52E+03	9,92E+03
597,5	2,42E+03	7,05E+03	7,31E+03	7,01E+03	5,52E+03	9,90E+03
598	2,42E+03	7,03E+03	7,29E+03	6,98E+03	5,50E+03	9,87E+03
598,5	2,42E+03	7,01E+03	7,28E+03	6,96E+03	5,49E+03	9,84E+03
599	2,43E+03	7,00E+03	7,25E+03	6,94E+03	5,46E+03	9,81E+03
599,5	2,42E+03	6,99E+03	7,22E+03	6,91E+03	5,43E+03	9,78E+03
600	2,41E+03	6,99E+03	7,19E+03	6,88E+03	5,41E+03	9,75E+03
600,5	2,38E+03	6,99E+03	7,16E+03	6,84E+03	5,38E+03	9,72E+03
601	2,36E+03	6,97E+03	7,14E+03	6,82E+03	5,36E+03	9,67E+03
601,5	2,34E+03	6,93E+03	7,11E+03	6,79E+03	5,33E+03	9,64E+03
602	2,32E+03	6,90E+03	7,07E+03	6,77E+03	5,30E+03	9,61E+03
602,5	2,31E+03	6,88E+03	7,03E+03	6,75E+03	5,29E+03	9,58E+03
603	2,29E+03	6,85E+03	6,99E+03	6,72E+03	5,28E+03	9,56E+03
603,5	2,28E+03	6,84E+03	6,96E+03	6,70E+03	5,26E+03	9,52E+03
604	2,27E+03	6,83E+03	6,93E+03	6,68E+03	5,24E+03	9,49E+03
604,5	2,24E+03	6,82E+03	6,90E+03	6,64E+03	5,22E+03	9,45E+03
605	2,21E+03	6,80E+03	6,87E+03	6,60E+03	5,19E+03	9,39E+03
605,5	2,18E+03	6,78E+03	6,83E+03	6,55E+03	5,16E+03	9,35E+03
606	2,16E+03	6,76E+03	6,78E+03	6,50E+03	5,14E+03	9,30E+03
606,5	2,15E+03	6,73E+03	6,74E+03	6,44E+03	5,11E+03	9,26E+03
607	2,12E+03	6,70E+03	6,70E+03	6,38E+03	5,08E+03	9,23E+03
607,5	2,10E+03	6,68E+03	6,68E+03	6,33E+03	5,05E+03	9,19E+03
608	2,07E+03	6,64E+03	6,66E+03	6,27E+03	5,03E+03	9,15E+03
608,5	2,04E+03	6,61E+03	6,63E+03	6,22E+03	5,01E+03	9,09E+03
609	2,00E+03	6,57E+03	6,58E+03	6,17E+03	4,99E+03	9,03E+03
609,5	1,96E+03	6,52E+03	6,53E+03	6,11E+03	4,96E+03	8,97E+03
610	1,91E+03	6,47E+03	6,47E+03	6,05E+03	4,92E+03	8,92E+03
610,5	1,86E+03	6,42E+03	6,41E+03	5,99E+03	4,88E+03	8,87E+03
611	1,83E+03	6,40E+03	6,36E+03	5,92E+03	4,84E+03	8,83E+03
611,5	1,80E+03	6,37E+03	6,29E+03	5,86E+03	4,80E+03	8,78E+03
612	1,78E+03	6,34E+03	6,23E+03	5,80E+03	4,76E+03	8,72E+03

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
612,5	1,76E+03	6,31E+03	6,18E+03	5,74E+03	4,72E+03	8,67E+03
613	1,75E+03	6,28E+03	6,13E+03	5,69E+03	4,68E+03	8,60E+03
613,5	1,72E+03	6,24E+03	6,08E+03	5,63E+03	4,64E+03	8,52E+03
614	1,69E+03	6,20E+03	6,02E+03	5,57E+03	4,61E+03	8,45E+03
614,5	1,65E+03	6,15E+03	5,96E+03	5,50E+03	4,57E+03	8,39E+03
615	1,61E+03	6,10E+03	5,90E+03	5,44E+03	4,54E+03	8,33E+03
615,5	1,57E+03	6,05E+03	5,84E+03	5,39E+03	4,50E+03	8,25E+03
616	1,53E+03	6,01E+03	5,78E+03	5,35E+03	4,47E+03	8,18E+03
616,5	1,50E+03	5,96E+03	5,73E+03	5,32E+03	4,43E+03	8,11E+03
617	1,47E+03	5,91E+03	5,67E+03	5,28E+03	4,40E+03	8,04E+03
617,5	1,45E+03	5,87E+03	5,63E+03	5,22E+03	4,36E+03	8,00E+03
618	1,43E+03	5,83E+03	5,59E+03	5,17E+03	4,33E+03	7,96E+03
618,5	1,40E+03	5,81E+03	5,55E+03	5,11E+03	4,30E+03	7,92E+03
619	1,36E+03	5,80E+03	5,50E+03	5,04E+03	4,28E+03	7,87E+03
619,5	1,31E+03	5,79E+03	5,44E+03	4,99E+03	4,26E+03	7,81E+03
620	1,27E+03	5,78E+03	5,38E+03	4,95E+03	4,25E+03	7,75E+03
620,5	1,25E+03	5,77E+03	5,32E+03	4,91E+03	4,23E+03	7,70E+03
621	1,24E+03	5,74E+03	5,27E+03	4,88E+03	4,21E+03	7,68E+03
621,5	1,23E+03	5,72E+03	5,24E+03	4,84E+03	4,20E+03	7,67E+03
622	1,23E+03	5,69E+03	5,22E+03	4,80E+03	4,18E+03	7,66E+03
622,5	1,22E+03	5,67E+03	5,22E+03	4,77E+03	4,17E+03	7,62E+03
623	1,21E+03	5,65E+03	5,21E+03	4,75E+03	4,14E+03	7,58E+03
623,5	1,19E+03	5,64E+03	5,19E+03	4,73E+03	4,11E+03	7,53E+03
624	1,17E+03	5,61E+03	5,16E+03	4,71E+03	4,09E+03	7,49E+03
624,5	1,15E+03	5,57E+03	5,13E+03	4,68E+03	4,08E+03	7,46E+03
625	1,14E+03	5,53E+03	5,10E+03	4,64E+03	4,08E+03	7,43E+03
625,5	1,12E+03	5,50E+03	5,07E+03	4,61E+03	4,08E+03	7,40E+03
626	1,11E+03	5,47E+03	5,05E+03	4,57E+03	4,08E+03	7,36E+03
626,5	1,09E+03	5,46E+03	5,03E+03	4,53E+03	4,08E+03	7,32E+03
627	1,09E+03	5,45E+03	5,01E+03	4,50E+03	4,07E+03	7,28E+03
627,5	1,08E+03	5,43E+03	5,01E+03	4,46E+03	4,05E+03	7,26E+03
628	1,07E+03	5,42E+03	5,00E+03	4,44E+03	4,04E+03	7,25E+03

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
628,5	1,07E+03	5,41E+03	5,01E+03	4,42E+03	4,03E+03	7,25E+03
629	1,07E+03	5,40E+03	5,02E+03	4,41E+03	4,03E+03	7,26E+03
629,5	1,07E+03	5,39E+03	5,02E+03	4,41E+03	4,04E+03	7,26E+03
630	1,07E+03	5,40E+03	5,02E+03	4,41E+03	4,04E+03	7,25E+03
630,5	1,06E+03	5,40E+03	5,00E+03	4,41E+03	4,04E+03	7,24E+03
631	1,04E+03	5,38E+03	4,97E+03	4,42E+03	4,03E+03	7,22E+03
631,5	1,03E+03	5,36E+03	4,95E+03	4,41E+03	4,01E+03	7,19E+03
632	1,01E+03	5,33E+03	4,92E+03	4,41E+03	4,00E+03	7,18E+03
632,5	9,88E+02	5,29E+03	4,90E+03	4,41E+03	3,98E+03	7,15E+03
633	9,73E+02	5,27E+03	4,87E+03	4,40E+03	3,98E+03	7,14E+03
633,5	9,61E+02	5,26E+03	4,84E+03	4,39E+03	3,98E+03	7,12E+03
634	9,54E+02	5,25E+03	4,81E+03	4,36E+03	3,98E+03	7,09E+03
634,5	9,49E+02	5,23E+03	4,78E+03	4,35E+03	3,98E+03	7,07E+03
635	9,43E+02	5,21E+03	4,76E+03	4,33E+03	3,98E+03	7,04E+03
635,5	9,33E+02	5,17E+03	4,75E+03	4,30E+03	3,97E+03	7,03E+03
636	9,16E+02	5,14E+03	4,73E+03	4,28E+03	3,96E+03	7,01E+03
636,5	8,91E+02	5,12E+03	4,72E+03	4,24E+03	3,95E+03	7,00E+03
637	8,69E+02	5,10E+03	4,69E+03	4,20E+03	3,94E+03	6,99E+03
637,5	8,48E+02	5,07E+03	4,65E+03	4,16E+03	3,93E+03	6,97E+03
638	8,26E+02	5,04E+03	4,59E+03	4,11E+03	3,94E+03	6,94E+03
638,5	8,01E+02	5,01E+03	4,55E+03	4,08E+03	3,92E+03	6,90E+03
639	7,69E+02	4,97E+03	4,50E+03	4,04E+03	3,91E+03	6,85E+03
639,5	7,44E+02	4,94E+03	4,44E+03	3,99E+03	3,89E+03	6,80E+03
640	7,21E+02	4,90E+03	4,40E+03	3,94E+03	3,87E+03	6,74E+03
640,5	7,03E+02	4,85E+03	4,34E+03	3,88E+03	3,86E+03	6,69E+03
641	6,90E+02	4,80E+03	4,28E+03	3,82E+03	3,84E+03	6,64E+03
641,5	6,60E+02	4,75E+03	4,21E+03	3,77E+03	3,81E+03	6,59E+03
642	6,23E+02	4,70E+03	4,13E+03	3,74E+03	3,77E+03	6,54E+03
642,5	5,89E+02	4,63E+03	4,05E+03	3,70E+03	3,73E+03	6,49E+03
643	5,51E+02	4,57E+03	3,98E+03	3,65E+03	3,70E+03	6,44E+03
643,5	5,20E+02	4,51E+03	3,92E+03	3,60E+03	3,67E+03	6,38E+03
644	4,86E+02	4,45E+03	3,86E+03	3,53E+03	3,65E+03	6,32E+03

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
644,5	4,45E+02	4,40E+03	3,80E+03	3,46E+03	3,64E+03	6,27E+03
645	4,05E+02	4,35E+03	3,73E+03	3,40E+03	3,62E+03	6,20E+03
645,5	3,57E+02	4,28E+03	3,66E+03	3,34E+03	3,60E+03	6,13E+03
646	3,18E+02	4,22E+03	3,59E+03	3,27E+03	3,57E+03	6,05E+03
646,5	2,85E+02	4,15E+03	3,52E+03	3,21E+03	3,54E+03	5,98E+03
647	2,54E+02	4,09E+03	3,46E+03	3,16E+03	3,51E+03	5,91E+03
647,5	2,26E+02	4,04E+03	3,42E+03	3,12E+03	3,48E+03	5,86E+03
648	1,94E+02	4,00E+03	3,37E+03	3,08E+03	3,46E+03	5,80E+03
648,5	1,61E+02	3,96E+03	3,32E+03	3,04E+03	3,43E+03	5,73E+03
649	1,34E+02	3,92E+03	3,26E+03	2,99E+03	3,40E+03	5,67E+03
649,5	1,19E+02	3,91E+03	3,20E+03	2,94E+03	3,35E+03	5,62E+03
650	1,14E+02	3,88E+03	3,13E+03	2,90E+03	3,31E+03	5,58E+03
650,5	1,15E+02	3,86E+03	3,08E+03	2,85E+03	3,28E+03	5,55E+03
651	1,15E+02	3,82E+03	3,04E+03	2,82E+03	3,26E+03	5,53E+03
651,5	1,11E+02	3,78E+03	3,01E+03	2,78E+03	3,27E+03	5,52E+03
652	1,03E+02	3,76E+03	2,98E+03	2,75E+03	3,28E+03	5,51E+03
652,5	8,86E+01	3,74E+03	2,96E+03	2,73E+03	3,27E+03	5,50E+03
653	6,30E+01	3,72E+03	2,93E+03	2,71E+03	3,24E+03	5,47E+03
653,5	3,31E+01	3,70E+03	2,90E+03	2,69E+03	3,20E+03	5,44E+03
654	1,07E+00	3,66E+03	2,87E+03	2,66E+03	3,17E+03	5,40E+03
654,5	-3,04E+01	3,62E+03	2,85E+03	2,63E+03	3,13E+03	5,35E+03
655	-5,14E+01	3,57E+03	2,83E+03	2,61E+03	3,11E+03	5,30E+03
655,5	-7,21E+01	3,53E+03	2,81E+03	2,60E+03	3,09E+03	5,24E+03
656	-9,35E+01	3,49E+03	2,78E+03	2,58E+03	3,07E+03	5,18E+03
656,5	-1,15E+02	3,46E+03	2,74E+03	2,56E+03	3,05E+03	5,12E+03
657	-1,38E+02	3,42E+03	2,70E+03	2,51E+03	3,02E+03	5,06E+03
657,5	-1,46E+02	3,40E+03	2,67E+03	2,45E+03	2,99E+03	5,03E+03
658	-1,56E+02	3,39E+03	2,63E+03	2,39E+03	2,96E+03	4,99E+03
658,5	-1,69E+02	3,38E+03	2,60E+03	2,34E+03	2,93E+03	4,96E+03
659	-1,81E+02	3,37E+03	2,56E+03	2,30E+03	2,92E+03	4,91E+03
659,5	-2,13E+02	3,34E+03	2,51E+03	2,26E+03	2,90E+03	4,85E+03
660	-2,48E+02	3,29E+03	2,46E+03	2,22E+03	2,88E+03	4,79E+03

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
660,5	-2,84E+02	3,24E+03	2,40E+03	2,18E+03	2,84E+03	4,74E+03
661	-3,27E+02	3,20E+03	2,33E+03	2,13E+03	2,80E+03	4,69E+03
661,5	-3,63E+02	3,17E+03	2,27E+03	2,09E+03	2,77E+03	4,64E+03
662	-3,91E+02	3,13E+03	2,21E+03	2,04E+03	2,74E+03	4,59E+03
662,5	-4,09E+02	3,08E+03	2,15E+03	2,00E+03	2,71E+03	4,54E+03
663	-4,27E+02	3,03E+03	2,11E+03	1,96E+03	2,69E+03	4,48E+03
663,5	-4,52E+02	2,97E+03	2,06E+03	1,92E+03	2,67E+03	4,42E+03
664	-4,86E+02	2,93E+03	2,01E+03	1,88E+03	2,65E+03	4,36E+03
664,5	-5,26E+02	2,89E+03	1,96E+03	1,84E+03	2,63E+03	4,30E+03
665	-5,60E+02	2,86E+03	1,90E+03	1,81E+03	2,60E+03	4,23E+03
665,5	-5,83E+02	2,82E+03	1,86E+03	1,78E+03	2,57E+03	4,16E+03
666	-6,01E+02	2,78E+03	1,81E+03	1,74E+03	2,55E+03	4,10E+03
666,5	-6,15E+02	2,75E+03	1,77E+03	1,69E+03	2,52E+03	4,04E+03
667	-6,40E+02	2,72E+03	1,74E+03	1,64E+03	2,48E+03	3,99E+03
667,5	-6,68E+02	2,70E+03	1,69E+03	1,60E+03	2,45E+03	3,94E+03
668	-6,88E+02	2,67E+03	1,65E+03	1,57E+03	2,43E+03	3,89E+03
668,5	-7,10E+02	2,63E+03	1,61E+03	1,55E+03	2,40E+03	3,84E+03
669	-7,17E+02	2,59E+03	1,58E+03	1,52E+03	2,38E+03	3,80E+03
669,5	-7,28E+02	2,54E+03	1,55E+03	1,49E+03	2,37E+03	3,77E+03
670	-7,41E+02	2,52E+03	1,50E+03	1,47E+03	2,37E+03	3,74E+03
670,5	-7,50E+02	2,51E+03	1,46E+03	1,45E+03	2,36E+03	3,73E+03
671	-7,64E+02	2,50E+03	1,42E+03	1,44E+03	2,35E+03	3,72E+03
671,5	-7,60E+02	2,50E+03	1,40E+03	1,44E+03	2,32E+03	3,72E+03
672	-7,51E+02	2,49E+03	1,39E+03	1,44E+03	2,29E+03	3,72E+03
672,5	-7,50E+02	2,48E+03	1,39E+03	1,43E+03	2,25E+03	3,70E+03
673	-7,56E+02	2,47E+03	1,39E+03	1,42E+03	2,21E+03	3,69E+03
673,5	-7,73E+02	2,45E+03	1,38E+03	1,41E+03	2,19E+03	3,66E+03
674	-7,96E+02	2,44E+03	1,38E+03	1,41E+03	2,18E+03	3,63E+03
674,5	-8,15E+02	2,42E+03	1,37E+03	1,41E+03	2,17E+03	3,61E+03
675	-8,27E+02	2,41E+03	1,37E+03	1,41E+03	2,18E+03	3,59E+03
675,5	-8,28E+02	2,41E+03	1,37E+03	1,42E+03	2,18E+03	3,60E+03
676	-8,25E+02	2,40E+03	1,38E+03	1,41E+03	2,18E+03	3,61E+03

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
676,5	-8,19E+02	2,39E+03	1,38E+03	1,39E+03	2,19E+03	3,62E+03
677	-8,13E+02	2,37E+03	1,39E+03	1,39E+03	2,20E+03	3,63E+03
677,5	-8,16E+02	2,37E+03	1,39E+03	1,39E+03	2,20E+03	3,62E+03
678	-8,25E+02	2,39E+03	1,38E+03	1,39E+03	2,21E+03	3,62E+03
678,5	-8,39E+02	2,41E+03	1,37E+03	1,39E+03	2,21E+03	3,61E+03
679	-8,40E+02	2,44E+03	1,36E+03	1,38E+03	2,21E+03	3,61E+03
679,5	-8,34E+02	2,46E+03	1,36E+03	1,38E+03	2,22E+03	3,62E+03
680	-8,20E+02	2,48E+03	1,37E+03	1,38E+03	2,23E+03	3,63E+03
680,5	-8,00E+02	2,49E+03	1,39E+03	1,37E+03	2,24E+03	3,65E+03
681	-7,87E+02	2,50E+03	1,41E+03	1,39E+03	2,25E+03	3,68E+03
681,5	-7,76E+02	2,50E+03	1,44E+03	1,41E+03	2,26E+03	3,70E+03
682	-7,61E+02	2,49E+03	1,47E+03	1,44E+03	2,27E+03	3,72E+03
682,5	-7,45E+02	2,51E+03	1,50E+03	1,47E+03	2,29E+03	3,74E+03
683	-7,25E+02	2,52E+03	1,53E+03	1,50E+03	2,32E+03	3,77E+03
683,5	-7,10E+02	2,54E+03	1,57E+03	1,53E+03	2,35E+03	3,80E+03
684	-6,95E+02	2,57E+03	1,61E+03	1,56E+03	2,40E+03	3,84E+03
684,5	-6,76E+02	2,59E+03	1,66E+03	1,60E+03	2,44E+03	3,88E+03
685	-6,56E+02	2,62E+03	1,71E+03	1,64E+03	2,47E+03	3,92E+03
685,5	-6,23E+02	2,66E+03	1,78E+03	1,67E+03	2,51E+03	3,97E+03
686	-5,80E+02	2,73E+03	1,84E+03	1,71E+03	2,55E+03	4,01E+03
686,5	-5,33E+02	2,80E+03	1,92E+03	1,75E+03	2,61E+03	4,08E+03
687	-4,93E+02	2,89E+03	2,01E+03	1,80E+03	2,67E+03	4,14E+03
687,5	-4,53E+02	2,97E+03	2,10E+03	1,87E+03	2,72E+03	4,22E+03
688	-4,05E+02	3,05E+03	2,20E+03	1,95E+03	2,77E+03	4,31E+03
688,5	-3,51E+02	3,15E+03	2,31E+03	2,05E+03	2,80E+03	4,41E+03
689	-2,77E+02	3,26E+03	2,44E+03	2,14E+03	2,86E+03	4,54E+03
689,5	-2,02E+02	3,40E+03	2,57E+03	2,25E+03	2,92E+03	4,69E+03
690	-1,36E+02	3,53E+03	2,72E+03	2,37E+03	3,00E+03	4,83E+03
690,5	-6,09E+01	3,66E+03	2,89E+03	2,51E+03	3,10E+03	4,97E+03
691	1,86E+01	3,79E+03	3,07E+03	2,68E+03	3,20E+03	5,11E+03
691,5	1,16E+02	3,92E+03	3,27E+03	2,85E+03	3,31E+03	5,27E+03
692	2,16E+02	4,07E+03	3,48E+03	3,03E+03	3,42E+03	5,45E+03

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
692,5	3,13E+02	4,24E+03	3,71E+03	3,21E+03	3,54E+03	5,65E+03
693	4,23E+02	4,42E+03	3,95E+03	3,39E+03	3,66E+03	5,85E+03
693,5	5,41E+02	4,64E+03	4,20E+03	3,58E+03	3,79E+03	6,08E+03
694	6,83E+02	4,88E+03	4,46E+03	3,79E+03	3,94E+03	6,32E+03
694,5	8,36E+02	5,12E+03	4,72E+03	4,03E+03	4,10E+03	6,58E+03
695	9,90E+02	5,36E+03	5,01E+03	4,27E+03	4,26E+03	6,84E+03
695,5	1,15E+03	5,58E+03	5,31E+03	4,54E+03	4,43E+03	7,11E+03
696	1,29E+03	5,80E+03	5,62E+03	4,82E+03	4,59E+03	7,37E+03
696,5	1,45E+03	6,05E+03	5,94E+03	5,11E+03	4,77E+03	7,64E+03
697	1,62E+03	6,32E+03	6,27E+03	5,43E+03	4,95E+03	7,94E+03
697,5	1,80E+03	6,62E+03	6,61E+03	5,78E+03	5,13E+03	8,26E+03
698	1,99E+03	6,92E+03	6,98E+03	6,12E+03	5,32E+03	8,60E+03
698,5	2,20E+03	7,23E+03	7,36E+03	6,47E+03	5,51E+03	8,96E+03
699	2,42E+03	7,56E+03	7,75E+03	6,83E+03	5,70E+03	9,34E+03
699,5	2,66E+03	7,88E+03	8,16E+03	7,21E+03	5,91E+03	9,74E+03
700	2,90E+03	8,22E+03	8,56E+03	7,62E+03	6,13E+03	1,01E+04
700,5	3,14E+03	8,56E+03	8,98E+03	8,04E+03	6,35E+03	1,05E+04
701	3,39E+03	8,90E+03	9,39E+03	8,48E+03	6,59E+03	1,09E+04
701,5	3,63E+03	9,26E+03	9,81E+03	8,91E+03	6,84E+03	1,13E+04
702	3,87E+03	9,61E+03	1,02E+04	9,33E+03	7,11E+03	1,17E+04
702,5	4,13E+03	9,96E+03	1,06E+04	9,74E+03	7,40E+03	1,21E+04
703	4,39E+03	1,03E+04	1,11E+04	1,02E+04	7,67E+03	1,26E+04
703,5	4,66E+03	1,06E+04	1,15E+04	1,06E+04	7,92E+03	1,30E+04
704	4,94E+03	1,10E+04	1,20E+04	1,11E+04	8,18E+03	1,34E+04
704,5	5,21E+03	1,13E+04	1,24E+04	1,15E+04	8,44E+03	1,39E+04
705	5,50E+03	1,17E+04	1,28E+04	1,20E+04	8,69E+03	1,44E+04
705,5	5,81E+03	1,21E+04	1,33E+04	1,25E+04	8,97E+03	1,48E+04
706	6,11E+03	1,24E+04	1,37E+04	1,30E+04	9,25E+03	1,53E+04
706,5	6,42E+03	1,28E+04	1,42E+04	1,35E+04	9,55E+03	1,58E+04
707	6,74E+03	1,32E+04	1,46E+04	1,39E+04	9,85E+03	1,63E+04
707,5	7,05E+03	1,36E+04	1,51E+04	1,44E+04	1,01E+04	1,68E+04
708	7,38E+03	1,41E+04	1,55E+04	1,49E+04	1,04E+04	1,73E+04

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
708,5	7,72E+03	1,45E+04	1,59E+04	1,54E+04	1,07E+04	1,78E+04
709	8,03E+03	1,48E+04	1,63E+04	1,59E+04	1,10E+04	1,83E+04
709,5	8,34E+03	1,52E+04	1,67E+04	1,65E+04	1,14E+04	1,88E+04
710	8,68E+03	1,55E+04	1,72E+04	1,70E+04	1,17E+04	1,92E+04
710,5	9,02E+03	1,59E+04	1,76E+04	1,75E+04	1,20E+04	1,97E+04
711	9,39E+03	1,62E+04	1,80E+04	1,80E+04	1,23E+04	2,02E+04
711,5	9,76E+03	1,66E+04	1,84E+04	1,85E+04	1,26E+04	2,08E+04
712	1,01E+04	1,70E+04	1,88E+04	1,91E+04	1,30E+04	2,13E+04
712,5	1,05E+04	1,74E+04	1,92E+04	1,97E+04	1,34E+04	2,18E+04
713	1,09E+04	1,78E+04	1,96E+04	2,02E+04	1,37E+04	2,24E+04
713,5	1,12E+04	1,81E+04	2,01E+04	2,08E+04	1,41E+04	2,30E+04
714	1,16E+04	1,85E+04	2,05E+04	2,14E+04	1,45E+04	2,35E+04
714,5	1,21E+04	1,89E+04	2,09E+04	2,19E+04	1,49E+04	2,41E+04
715	1,25E+04	1,93E+04	2,14E+04	2,25E+04	1,53E+04	2,47E+04
715,5	1,29E+04	1,97E+04	2,18E+04	2,30E+04	1,57E+04	2,54E+04
716	1,33E+04	2,01E+04	2,22E+04	2,36E+04	1,61E+04	2,60E+04
716,5	1,38E+04	2,05E+04	2,26E+04	2,42E+04	1,65E+04	2,66E+04
717	1,43E+04	2,08E+04	2,30E+04	2,48E+04	1,69E+04	2,72E+04
717,5	1,47E+04	2,12E+04	2,34E+04	2,54E+04	1,73E+04	2,78E+04
718	1,52E+04	2,15E+04	2,38E+04	2,60E+04	1,77E+04	2,85E+04
718,5	1,56E+04	2,19E+04	2,43E+04	2,65E+04	1,81E+04	2,91E+04
719	1,60E+04	2,23E+04	2,47E+04	2,71E+04	1,86E+04	2,97E+04
719,5	1,65E+04	2,27E+04	2,52E+04	2,78E+04	1,90E+04	3,03E+04
720	1,69E+04	2,31E+04	2,56E+04	2,84E+04	1,94E+04	3,09E+04
720,5	1,74E+04	2,35E+04	2,60E+04	2,90E+04	1,99E+04	3,15E+04
721	1,79E+04	2,38E+04	2,64E+04	2,97E+04	2,03E+04	3,22E+04
721,5	1,84E+04	2,42E+04	2,68E+04	3,03E+04	2,08E+04	3,28E+04
722	1,89E+04	2,45E+04	2,72E+04	3,09E+04	2,13E+04	3,34E+04
722,5	1,94E+04	2,48E+04	2,77E+04	3,15E+04	2,18E+04	3,41E+04
723	1,99E+04	2,51E+04	2,81E+04	3,21E+04	2,22E+04	3,48E+04
723,5	2,04E+04	2,55E+04	2,85E+04	3,27E+04	2,27E+04	3,54E+04
724	2,09E+04	2,58E+04	2,89E+04	3,33E+04	2,32E+04	3,61E+04

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
724,5	2,14E+04	2,62E+04	2,93E+04	3,39E+04	2,37E+04	3,67E+04
725	2,19E+04	2,65E+04	2,96E+04	3,45E+04	2,41E+04	3,74E+04
725,5	2,25E+04	2,69E+04	3,00E+04	3,51E+04	2,46E+04	3,80E+04
726	2,30E+04	2,72E+04	3,03E+04	3,57E+04	2,50E+04	3,86E+04
726,5	2,35E+04	2,75E+04	3,06E+04	3,63E+04	2,55E+04	3,93E+04
727	2,40E+04	2,78E+04	3,10E+04	3,69E+04	2,60E+04	3,99E+04
727,5	2,45E+04	2,81E+04	3,13E+04	3,75E+04	2,65E+04	4,05E+04
728	2,50E+04	2,84E+04	3,16E+04	3,80E+04	2,70E+04	4,11E+04
728,5	2,55E+04	2,87E+04	3,19E+04	3,86E+04	2,75E+04	4,17E+04
729	2,60E+04	2,90E+04	3,23E+04	3,91E+04	2,80E+04	4,23E+04
729,5	2,65E+04	2,94E+04	3,26E+04	3,97E+04	2,85E+04	4,30E+04
730	2,69E+04	2,97E+04	3,29E+04	4,02E+04	2,90E+04	4,36E+04
730,5	2,74E+04	3,00E+04	3,32E+04	4,07E+04	2,94E+04	4,42E+04
731	2,79E+04	3,03E+04	3,35E+04	4,12E+04	2,98E+04	4,47E+04
731,5	2,84E+04	3,05E+04	3,38E+04	4,18E+04	3,03E+04	4,53E+04
732	2,89E+04	3,08E+04	3,41E+04	4,23E+04	3,07E+04	4,58E+04
732,5	2,93E+04	3,11E+04	3,44E+04	4,28E+04	3,12E+04	4,64E+04
733	2,98E+04	3,13E+04	3,46E+04	4,32E+04	3,17E+04	4,69E+04
733,5	3,02E+04	3,16E+04	3,49E+04	4,37E+04	3,21E+04	4,74E+04
734	3,06E+04	3,18E+04	3,51E+04	4,41E+04	3,25E+04	4,79E+04
734,5	3,10E+04	3,20E+04	3,53E+04	4,45E+04	3,29E+04	4,84E+04
735	3,15E+04	3,22E+04	3,56E+04	4,49E+04	3,33E+04	4,89E+04
735,5	3,19E+04	3,24E+04	3,58E+04	4,53E+04	3,37E+04	4,94E+04
736	3,23E+04	3,26E+04	3,60E+04	4,57E+04	3,41E+04	4,99E+04
736,5	3,27E+04	3,28E+04	3,62E+04	4,61E+04	3,45E+04	5,03E+04
737	3,30E+04	3,30E+04	3,64E+04	4,64E+04	3,48E+04	5,08E+04
737,5	3,34E+04	3,33E+04	3,65E+04	4,68E+04	3,51E+04	5,12E+04
738	3,37E+04	3,35E+04	3,67E+04	4,71E+04	3,55E+04	5,16E+04
738,5	3,41E+04	3,36E+04	3,69E+04	4,74E+04	3,58E+04	5,20E+04
739	3,44E+04	3,38E+04	3,71E+04	4,77E+04	3,62E+04	5,24E+04
739,5	3,48E+04	3,40E+04	3,73E+04	4,81E+04	3,65E+04	5,28E+04
740	3,51E+04	3,41E+04	3,75E+04	4,84E+04	3,68E+04	5,32E+04

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
740,5	3,54E+04	3,43E+04	3,76E+04	4,87E+04	3,72E+04	5,35E+04
741	3,57E+04	3,44E+04	3,77E+04	4,90E+04	3,75E+04	5,39E+04
741,5	3,60E+04	3,45E+04	3,79E+04	4,92E+04	3,77E+04	5,41E+04
742	3,63E+04	3,46E+04	3,80E+04	4,95E+04	3,80E+04	5,44E+04
742,5	3,65E+04	3,47E+04	3,81E+04	4,97E+04	3,83E+04	5,46E+04
743	3,68E+04	3,49E+04	3,82E+04	4,99E+04	3,86E+04	5,48E+04
743,5	3,70E+04	3,50E+04	3,83E+04	5,01E+04	3,88E+04	5,51E+04
744	3,73E+04	3,51E+04	3,85E+04	5,03E+04	3,90E+04	5,53E+04
744,5	3,75E+04	3,53E+04	3,86E+04	5,05E+04	3,92E+04	5,56E+04
745	3,77E+04	3,54E+04	3,87E+04	5,07E+04	3,95E+04	5,58E+04
745,5	3,79E+04	3,55E+04	3,88E+04	5,09E+04	3,97E+04	5,61E+04
746	3,81E+04	3,55E+04	3,89E+04	5,11E+04	3,99E+04	5,63E+04
746,5	3,83E+04	3,56E+04	3,90E+04	5,13E+04	4,00E+04	5,65E+04
747	3,85E+04	3,57E+04	3,91E+04	5,14E+04	4,02E+04	5,68E+04
747,5	3,87E+04	3,58E+04	3,92E+04	5,15E+04	4,04E+04	5,70E+04
748	3,89E+04	3,59E+04	3,93E+04	5,16E+04	4,06E+04	5,73E+04
748,5	3,91E+04	3,59E+04	3,94E+04	5,18E+04	4,07E+04	5,75E+04
749	3,93E+04	3,60E+04	3,94E+04	5,19E+04	4,09E+04	5,77E+04
749,5	3,94E+04	3,61E+04	3,94E+04	5,21E+04	4,10E+04	5,79E+04
750	3,96E+04	3,62E+04	3,95E+04	5,22E+04	4,12E+04	5,80E+04
750,5	3,97E+04	3,62E+04	3,95E+04	5,24E+04	4,13E+04	5,81E+04
751	3,99E+04	3,63E+04	3,96E+04	5,25E+04	4,15E+04	5,83E+04
751,5	4,00E+04	3,63E+04	3,97E+04	5,26E+04	4,16E+04	5,84E+04
752	4,01E+04	3,64E+04	3,97E+04	5,27E+04	4,18E+04	5,85E+04
752,5	4,02E+04	3,64E+04	3,97E+04	5,27E+04	4,19E+04	5,86E+04
753	4,03E+04	3,65E+04	3,98E+04	5,28E+04	4,20E+04	5,87E+04
753,5	4,04E+04	3,66E+04	3,98E+04	5,29E+04	4,22E+04	5,88E+04
754	4,05E+04	3,67E+04	3,98E+04	5,29E+04	4,23E+04	5,89E+04
754,5	4,06E+04	3,68E+04	3,98E+04	5,30E+04	4,24E+04	5,90E+04
755	4,07E+04	3,68E+04	3,99E+04	5,30E+04	4,24E+04	5,91E+04
755,5	4,08E+04	3,69E+04	3,99E+04	5,30E+04	4,25E+04	5,91E+04
756	4,09E+04	3,69E+04	3,99E+04	5,31E+04	4,26E+04	5,91E+04

LONGITU D DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZUCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
756,5	4,10E+04	3,68E+04	3,99E+04	5,32E+04	4,27E+04	5,92E+04
757	4,10E+04	3,68E+04	4,00E+04	5,32E+04	4,28E+04	5,92E+04
757,5	4,11E+04	3,68E+04	4,00E+04	5,33E+04	4,28E+04	5,93E+04
758	4,12E+04	3,68E+04	4,00E+04	5,34E+04	4,29E+04	5,93E+04
758,5	4,12E+04	3,68E+04	4,01E+04	5,34E+04	4,30E+04	5,94E+04
759	4,13E+04	3,68E+04	4,01E+04	5,35E+04	4,32E+04	5,95E+04
759,5	4,13E+04	3,68E+04	4,01E+04	5,35E+04	4,33E+04	5,95E+04
760	4,14E+04	3,67E+04	4,01E+04	5,35E+04	4,33E+04	5,95E+04
760,5	4,14E+04	3,67E+04	4,01E+04	5,35E+04	4,34E+04	5,96E+04
761	4,15E+04	3,67E+04	4,01E+04	5,35E+04	4,34E+04	5,96E+04
761,5	4,15E+04	3,67E+04	4,01E+04	5,35E+04	4,35E+04	5,97E+04
762	4,16E+04	3,66E+04	4,01E+04	5,36E+04	4,35E+04	5,97E+04
762,5	4,16E+04	3,66E+04	4,01E+04	5,36E+04	4,36E+04	5,97E+04
763	4,16E+04	3,66E+04	4,01E+04	5,36E+04	4,36E+04	5,97E+04
763,5	4,16E+04	3,67E+04	4,01E+04	5,37E+04	4,36E+04	5,97E+04
764	4,16E+04	3,67E+04	4,01E+04	5,37E+04	4,36E+04	5,98E+04
764,5	4,16E+04	3,67E+04	4,01E+04	5,37E+04	4,37E+04	5,99E+04
765	4,17E+04	3,68E+04	4,01E+04	5,37E+04	4,37E+04	5,99E+04
765,5	4,17E+04	3,68E+04	4,01E+04	5,36E+04	4,38E+04	5,99E+04
766	4,17E+04	3,68E+04	4,01E+04	5,36E+04	4,38E+04	5,99E+04
766,5	4,17E+04	3,69E+04	4,01E+04	5,37E+04	4,37E+04	5,98E+04
767	4,17E+04	3,69E+04	4,01E+04	5,37E+04	4,37E+04	5,98E+04
767,5	4,17E+04	3,70E+04	4,01E+04	5,37E+04	4,37E+04	5,98E+04
768	4,17E+04	3,71E+04	4,01E+04	5,37E+04	4,38E+04	5,98E+04
768,5	4,17E+04	3,71E+04	4,01E+04	5,37E+04	4,38E+04	5,98E+04
769	4,17E+04	3,71E+04	4,01E+04	5,37E+04	4,39E+04	5,99E+04
769,5	4,17E+04	3,72E+04	4,01E+04	5,37E+04	4,39E+04	5,99E+04
770	4,18E+04	3,72E+04	4,01E+04	5,37E+04	4,39E+04	5,99E+04
770,5	4,19E+04	3,72E+04	4,01E+04	5,36E+04	4,40E+04	5,99E+04
771	4,19E+04	3,72E+04	4,02E+04	5,36E+04	4,40E+04	6,00E+04
771,5	4,19E+04	3,72E+04	4,02E+04	5,35E+04	4,40E+04	6,00E+04
772	4,19E+04	3,72E+04	4,02E+04	5,34E+04	4,40E+04	6,00E+04

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
772,5	4,18E+04	3,72E+04	4,02E+04	5,34E+04	4,40E+04	6,00E+04
773	4,18E+04	3,72E+04	4,02E+04	5,34E+04	4,41E+04	6,00E+04
773,5	4,18E+04	3,73E+04	4,02E+04	5,34E+04	4,41E+04	5,99E+04
774	4,18E+04	3,73E+04	4,02E+04	5,34E+04	4,41E+04	5,99E+04
774,5	4,19E+04	3,73E+04	4,02E+04	5,34E+04	4,41E+04	5,99E+04
775	4,19E+04	3,73E+04	4,02E+04	5,34E+04	4,41E+04	5,99E+04
775,5	4,19E+04	3,73E+04	4,02E+04	5,34E+04	4,41E+04	5,99E+04
776	4,19E+04	3,72E+04	4,01E+04	5,33E+04	4,41E+04	5,99E+04
776,5	4,19E+04	3,72E+04	4,01E+04	5,33E+04	4,41E+04	5,99E+04
777	4,19E+04	3,72E+04	4,01E+04	5,33E+04	4,41E+04	5,98E+04
777,5	4,19E+04	3,72E+04	4,01E+04	5,33E+04	4,42E+04	5,98E+04
778	4,19E+04	3,71E+04	4,01E+04	5,33E+04	4,42E+04	5,98E+04
778,5	4,19E+04	3,71E+04	4,01E+04	5,32E+04	4,41E+04	5,97E+04
779	4,19E+04	3,71E+04	4,01E+04	5,32E+04	4,41E+04	5,97E+04
779,5	4,19E+04	3,71E+04	4,01E+04	5,32E+04	4,41E+04	5,97E+04
780	4,19E+04	3,71E+04	4,01E+04	5,32E+04	4,41E+04	5,97E+04
780,5	4,19E+04	3,71E+04	4,00E+04	5,32E+04	4,41E+04	5,96E+04
781	4,19E+04	3,71E+04	4,00E+04	5,32E+04	4,41E+04	5,95E+04
781,5	4,19E+04	3,71E+04	4,00E+04	5,32E+04	4,41E+04	5,94E+04
782	4,18E+04	3,71E+04	3,99E+04	5,32E+04	4,41E+04	5,93E+04
782,5	4,18E+04	3,71E+04	3,99E+04	5,32E+04	4,41E+04	5,92E+04
783	4,18E+04	3,71E+04	3,99E+04	5,31E+04	4,41E+04	5,92E+04
783,5	4,17E+04	3,70E+04	3,99E+04	5,31E+04	4,41E+04	5,92E+04
784	4,17E+04	3,70E+04	3,99E+04	5,31E+04	4,41E+04	5,92E+04
784,5	4,18E+04	3,70E+04	3,99E+04	5,31E+04	4,41E+04	5,92E+04
785	4,18E+04	3,71E+04	3,99E+04	5,30E+04	4,41E+04	5,92E+04
785,5	4,18E+04	3,71E+04	3,99E+04	5,30E+04	4,41E+04	5,92E+04
786	4,19E+04	3,71E+04	3,99E+04	5,29E+04	4,41E+04	5,93E+04
786,5	4,19E+04	3,72E+04	3,99E+04	5,29E+04	4,41E+04	5,94E+04
787	4,18E+04	3,72E+04	3,99E+04	5,29E+04	4,42E+04	5,94E+04
787,5	4,18E+04	3,72E+04	3,99E+04	5,29E+04	4,42E+04	5,94E+04
788	4,19E+04	3,71E+04	3,99E+04	5,28E+04	4,42E+04	5,93E+04

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
788,5	4,19E+04	3,71E+04	3,99E+04	5,28E+04	4,42E+04	5,93E+04
789	4,19E+04	3,71E+04	3,99E+04	5,28E+04	4,42E+04	5,93E+04
789,5	4,19E+04	3,71E+04	4,00E+04	5,28E+04	4,42E+04	5,92E+04
790	4,19E+04	3,71E+04	3,99E+04	5,27E+04	4,42E+04	5,92E+04
790,5	4,18E+04	3,71E+04	3,99E+04	5,27E+04	4,41E+04	5,92E+04
791	4,18E+04	3,71E+04	3,98E+04	5,27E+04	4,42E+04	5,91E+04
791,5	4,17E+04	3,71E+04	3,98E+04	5,28E+04	4,42E+04	5,91E+04
792	4,17E+04	3,71E+04	3,98E+04	5,28E+04	4,42E+04	5,91E+04
792,5	4,16E+04	3,71E+04	3,98E+04	5,29E+04	4,43E+04	5,91E+04
793	4,16E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,29E+04	4,43E+04	5,91E+04
793,5	4,15E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,29E+04	4,43E+04	5,91E+04
794	4,15E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,29E+04	4,43E+04	5,91E+04
794,5	4,15E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,28E+04	4,43E+04	5,91E+04
795	4,15E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,28E+04	4,43E+04	5,91E+04
795,5	4,15E+04	3,72E+04	3,98E+04	5,28E+04	4,43E+04	5,91E+04
796	4,15E+04	3,71E+04	3,98E+04	5,28E+04	4,43E+04	5,92E+04
796,5	4,15E+04	3,71E+04	3,98E+04	5,28E+04	4,44E+04	5,92E+04
797	4,16E+04	3,71E+04	3,99E+04	5,28E+04	4,44E+04	5,92E+04
797,5	4,15E+04	3,71E+04	3,99E+04	5,28E+04	4,45E+04	5,92E+04
798	4,15E+04	3,72E+04	3,98E+04	5,28E+04	4,45E+04	5,91E+04
798,5	4,15E+04	3,72E+04	3,98E+04	5,28E+04	4,45E+04	5,91E+04
799	4,15E+04	3,72E+04	3,98E+04	5,27E+04	4,45E+04	5,90E+04
799,5	4,14E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,27E+04	4,44E+04	5,89E+04
800	4,14E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,26E+04	4,44E+04	5,88E+04
800,5	4,13E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,26E+04	4,44E+04	5,88E+04
801	4,13E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,25E+04	4,45E+04	5,88E+04
801,5	4,13E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,25E+04	4,45E+04	5,88E+04
802	4,13E+04	3,72E+04	3,96E+04	5,25E+04	4,45E+04	5,89E+04
802,5	4,13E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,26E+04	4,46E+04	5,89E+04
803	4,13E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,26E+04	4,46E+04	5,89E+04
803,5	4,14E+04	3,73E+04	3,97E+04	5,26E+04	4,46E+04	5,90E+04
804	4,14E+04	3,73E+04	3,97E+04	5,26E+04	4,46E+04	5,89E+04

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
804,5	4,14E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,25E+04	4,47E+04	5,88E+04
805	4,14E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,25E+04	4,47E+04	5,87E+04
805,5	4,14E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,25E+04	4,47E+04	5,86E+04
806	4,14E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,25E+04	4,46E+04	5,86E+04
806,5	4,14E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,25E+04	4,46E+04	5,87E+04
807	4,14E+04	3,72E+04	3,96E+04	5,25E+04	4,45E+04	5,87E+04
807,5	4,14E+04	3,72E+04	3,96E+04	5,25E+04	4,45E+04	5,87E+04
808	4,15E+04	3,73E+04	3,96E+04	5,25E+04	4,45E+04	5,87E+04
808,5	4,15E+04	3,73E+04	3,96E+04	5,26E+04	4,45E+04	5,88E+04
809	4,15E+04	3,73E+04	3,96E+04	5,26E+04	4,45E+04	5,88E+04
809,5	4,15E+04	3,73E+04	3,97E+04	5,26E+04	4,45E+04	5,88E+04
810	4,14E+04	3,73E+04	3,97E+04	5,26E+04	4,45E+04	5,87E+04
810,5	4,14E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,26E+04	4,45E+04	5,87E+04
811	4,14E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,26E+04	4,46E+04	5,87E+04
811,5	4,14E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,25E+04	4,46E+04	5,87E+04
812	4,13E+04	3,72E+04	3,97E+04	5,25E+04	4,47E+04	5,87E+04
812,5	4,13E+04	3,72E+04	3,96E+04	5,24E+04	4,47E+04	5,87E+04
813	4,13E+04	3,71E+04	3,96E+04	5,23E+04	4,47E+04	5,86E+04
813,5	4,13E+04	3,71E+04	3,96E+04	5,23E+04	4,47E+04	5,85E+04
814	4,13E+04	3,70E+04	3,96E+04	5,22E+04	4,47E+04	5,85E+04
814,5	4,12E+04	3,70E+04	3,96E+04	5,22E+04	4,47E+04	5,84E+04
815	4,12E+04	3,69E+04	3,96E+04	5,21E+04	4,46E+04	5,84E+04
815,5	4,13E+04	3,69E+04	3,96E+04	5,21E+04	4,46E+04	5,84E+04
816	4,13E+04	3,69E+04	3,96E+04	5,22E+04	4,46E+04	5,84E+04
816,5	4,13E+04	3,70E+04	3,96E+04	5,22E+04	4,46E+04	5,83E+04
817	4,13E+04	3,70E+04	3,96E+04	5,22E+04	4,45E+04	5,82E+04
817,5	4,13E+04	3,70E+04	3,96E+04	5,22E+04	4,45E+04	5,82E+04
818	4,12E+04	3,71E+04	3,96E+04	5,22E+04	4,45E+04	5,82E+04
818,5	4,12E+04	3,71E+04	3,95E+04	5,21E+04	4,45E+04	5,82E+04
819	4,12E+04	3,71E+04	3,95E+04	5,21E+04	4,44E+04	5,82E+04
819,5	4,12E+04	3,71E+04	3,95E+04	5,21E+04	4,44E+04	5,82E+04
820	4,12E+04	3,71E+04	3,96E+04	5,21E+04	4,44E+04	5,82E+04

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
820,5	4,11E+04	3,71E+04	3,96E+04	5,21E+04	4,44E+04	5,82E+04
821	4,11E+04	3,71E+04	3,96E+04	5,21E+04	4,44E+04	5,82E+04
821,5	4,12E+04	3,72E+04	3,96E+04	5,21E+04	4,44E+04	5,83E+04
822	4,12E+04	3,72E+04	3,96E+04	5,21E+04	4,44E+04	5,83E+04
822,5	4,13E+04	3,72E+04	3,96E+04	5,21E+04	4,44E+04	5,84E+04
823	4,13E+04	3,71E+04	3,97E+04	5,21E+04	4,45E+04	5,84E+04
823,5	4,13E+04	3,71E+04	3,97E+04	5,21E+04	4,45E+04	5,83E+04
824	4,13E+04	3,71E+04	3,96E+04	5,22E+04	4,45E+04	5,83E+04
824,5	4,13E+04	3,71E+04	3,96E+04	5,21E+04	4,45E+04	5,82E+04
825	4,13E+04	3,70E+04	3,96E+04	5,21E+04	4,45E+04	5,82E+04
825,5	4,13E+04	3,70E+04	3,96E+04	5,21E+04	4,45E+04	5,81E+04
826	4,12E+04	3,70E+04	3,96E+04	5,21E+04	4,45E+04	5,81E+04
826,5	4,12E+04	3,70E+04	3,96E+04	5,21E+04	4,45E+04	5,80E+04
827	4,12E+04	3,70E+04	3,96E+04	5,21E+04	4,46E+04	5,80E+04
827,5	4,12E+04	3,71E+04	3,96E+04	5,20E+04	4,46E+04	5,80E+04
828	4,12E+04	3,71E+04	3,96E+04	5,20E+04	4,46E+04	5,80E+04
828,5	4,12E+04	3,72E+04	3,96E+04	5,20E+04	4,46E+04	5,80E+04
829	4,12E+04	3,72E+04	3,96E+04	5,20E+04	4,46E+04	5,79E+04
829,5	4,11E+04	3,72E+04	3,95E+04	5,20E+04	4,45E+04	5,79E+04
830	4,11E+04	3,72E+04	3,95E+04	5,19E+04	4,45E+04	5,78E+04
830,5	4,10E+04	3,71E+04	3,94E+04	5,19E+04	4,45E+04	5,78E+04
831	4,10E+04	3,71E+04	3,94E+04	5,19E+04	4,45E+04	5,77E+04
831,5	4,10E+04	3,71E+04	3,94E+04	5,19E+04	4,45E+04	5,77E+04
832	4,10E+04	3,71E+04	3,95E+04	5,19E+04	4,44E+04	5,77E+04
832,5	4,10E+04	3,71E+04	3,95E+04	5,19E+04	4,44E+04	5,77E+04
833	4,10E+04	3,71E+04	3,95E+04	5,19E+04	4,44E+04	5,76E+04
833,5	4,10E+04	3,71E+04	3,95E+04	5,19E+04	4,44E+04	5,76E+04
834	4,10E+04	3,71E+04	3,94E+04	5,18E+04	4,45E+04	5,76E+04
834,5	4,10E+04	3,71E+04	3,94E+04	5,17E+04	4,45E+04	5,76E+04
835	4,10E+04	3,71E+04	3,93E+04	5,17E+04	4,45E+04	5,76E+04
835,5	4,10E+04	3,70E+04	3,93E+04	5,16E+04	4,45E+04	5,76E+04
836	4,10E+04	3,70E+04	3,93E+04	5,16E+04	4,45E+04	5,75E+04

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
836,5	4,10E+04	3,71E+04	3,93E+04	5,15E+04	4,45E+04	5,75E+04
837	4,10E+04	3,70E+04	3,93E+04	5,15E+04	4,45E+04	5,75E+04
837,5	4,09E+04	3,70E+04	3,93E+04	5,16E+04	4,45E+04	5,75E+04
838	4,09E+04	3,69E+04	3,93E+04	5,16E+04	4,45E+04	5,75E+04
838,5	4,09E+04	3,69E+04	3,93E+04	5,16E+04	4,44E+04	5,75E+04
839	4,09E+04	3,69E+04	3,92E+04	5,17E+04	4,44E+04	5,75E+04
839,5	4,09E+04	3,69E+04	3,92E+04	5,17E+04	4,44E+04	5,75E+04
840	4,09E+04	3,70E+04	3,92E+04	5,17E+04	4,44E+04	5,76E+04
840,5	4,09E+04	3,70E+04	3,93E+04	5,17E+04	4,44E+04	5,75E+04
841	4,09E+04	3,70E+04	3,93E+04	5,17E+04	4,43E+04	5,75E+04
841,5	4,08E+04	3,71E+04	3,93E+04	5,17E+04	4,43E+04	5,74E+04
842	4,08E+04	3,71E+04	3,93E+04	5,17E+04	4,44E+04	5,73E+04
842,5	4,08E+04	3,71E+04	3,93E+04	5,17E+04	4,44E+04	5,72E+04
843	4,08E+04	3,72E+04	3,93E+04	5,17E+04	4,45E+04	5,72E+04
843,5	4,08E+04	3,72E+04	3,92E+04	5,16E+04	4,46E+04	5,71E+04
844	4,09E+04	3,72E+04	3,92E+04	5,16E+04	4,46E+04	5,71E+04
844,5	4,09E+04	3,72E+04	3,92E+04	5,16E+04	4,47E+04	5,71E+04
845	4,09E+04	3,72E+04	3,91E+04	5,16E+04	4,48E+04	5,71E+04
845,5	4,08E+04	3,72E+04	3,92E+04	5,16E+04	4,48E+04	5,71E+04
846	4,08E+04	3,72E+04	3,92E+04	5,15E+04	4,49E+04	5,71E+04
846,5	4,08E+04	3,72E+04	3,92E+04	5,15E+04	4,48E+04	5,71E+04
847	4,08E+04	3,72E+04	3,92E+04	5,15E+04	4,48E+04	5,71E+04
847,5	4,08E+04	3,72E+04	3,92E+04	5,15E+04	4,48E+04	5,71E+04
848	4,08E+04	3,73E+04	3,92E+04	5,15E+04	4,47E+04	5,71E+04
848,5	4,09E+04	3,74E+04	3,92E+04	5,15E+04	4,47E+04	5,72E+04
849	4,09E+04	3,75E+04	3,92E+04	5,14E+04	4,47E+04	5,72E+04
849,5	4,09E+04	3,76E+04	3,92E+04	5,14E+04	4,47E+04	5,73E+04
850	4,09E+04	3,75E+04	3,92E+04	5,13E+04	4,47E+04	5,73E+04
850,5	4,09E+04	3,75E+04	3,92E+04	5,13E+04	4,47E+04	5,72E+04
851	4,09E+04	3,74E+04	3,92E+04	5,13E+04	4,47E+04	5,71E+04
851,5	4,08E+04	3,74E+04	3,91E+04	5,13E+04	4,48E+04	5,71E+04
852	4,08E+04	3,74E+04	3,91E+04	5,13E+04	4,48E+04	5,71E+04

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
852,5	4,09E+04	3,74E+04	3,91E+04	5,14E+04	4,48E+04	5,71E+04
853	4,09E+04	3,74E+04	3,91E+04	5,14E+04	4,48E+04	5,70E+04
853,5	4,09E+04	3,74E+04	3,91E+04	5,14E+04	4,48E+04	5,70E+04
854	4,09E+04	3,74E+04	3,91E+04	5,14E+04	4,48E+04	5,69E+04
854,5	4,09E+04	3,73E+04	3,91E+04	5,14E+04	4,48E+04	5,69E+04
855	4,08E+04	3,73E+04	3,91E+04	5,13E+04	4,49E+04	5,68E+04
855,5	4,08E+04	3,72E+04	3,92E+04	5,13E+04	4,49E+04	5,68E+04
856	4,08E+04	3,72E+04	3,92E+04	5,13E+04	4,49E+04	5,67E+04
856,5	4,08E+04	3,73E+04	3,92E+04	5,13E+04	4,50E+04	5,66E+04
857	4,07E+04	3,73E+04	3,93E+04	5,13E+04	4,50E+04	5,66E+04
857,5	4,07E+04	3,73E+04	3,93E+04	5,13E+04	4,50E+04	5,65E+04
858	4,06E+04	3,74E+04	3,93E+04	5,12E+04	4,50E+04	5,65E+04
858,5	4,06E+04	3,74E+04	3,92E+04	5,12E+04	4,49E+04	5,64E+04
859	4,06E+04	3,74E+04	3,92E+04	5,11E+04	4,49E+04	5,64E+04
859,5	4,06E+04	3,74E+04	3,91E+04	5,10E+04	4,49E+04	5,64E+04
860	4,05E+04	3,74E+04	3,91E+04	5,10E+04	4,49E+04	5,64E+04
860,5	4,05E+04	3,74E+04	3,90E+04	5,10E+04	4,49E+04	5,63E+04
861	4,05E+04	3,74E+04	3,90E+04	5,10E+04	4,49E+04	5,62E+04
861,5	4,05E+04	3,73E+04	3,90E+04	5,10E+04	4,49E+04	5,62E+04
862	4,05E+04	3,73E+04	3,90E+04	5,10E+04	4,49E+04	5,61E+04
862,5	4,06E+04	3,73E+04	3,90E+04	5,10E+04	4,49E+04	5,61E+04
863	4,06E+04	3,73E+04	3,89E+04	5,10E+04	4,49E+04	5,60E+04
863,5	4,05E+04	3,73E+04	3,89E+04	5,10E+04	4,49E+04	5,61E+04
864	4,05E+04	3,73E+04	3,89E+04	5,11E+04	4,50E+04	5,61E+04
864,5	4,05E+04	3,73E+04	3,89E+04	5,11E+04	4,50E+04	5,62E+04
865	4,05E+04	3,73E+04	3,89E+04	5,11E+04	4,50E+04	5,62E+04
865,5	4,04E+04	3,73E+04	3,90E+04	5,11E+04	4,51E+04	5,62E+04
866	4,04E+04	3,73E+04	3,90E+04	5,10E+04	4,51E+04	5,62E+04
866,5	4,04E+04	3,73E+04	3,91E+04	5,10E+04	4,51E+04	5,61E+04
867	4,04E+04	3,72E+04	3,91E+04	5,09E+04	4,52E+04	5,60E+04
867,5	4,03E+04	3,72E+04	3,91E+04	5,09E+04	4,52E+04	5,59E+04
868	4,03E+04	3,72E+04	3,90E+04	5,08E+04	4,53E+04	5,58E+04

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
868,5	4,02E+04	3,72E+04	3,89E+04	5,08E+04	4,53E+04	5,57E+04
869	4,02E+04	3,73E+04	3,89E+04	5,08E+04	4,53E+04	5,57E+04
869,5	4,03E+04	3,73E+04	3,89E+04	5,07E+04	4,53E+04	5,57E+04
870	4,03E+04	3,74E+04	3,89E+04	5,07E+04	4,53E+04	5,57E+04
870,5	4,04E+04	3,74E+04	3,89E+04	5,07E+04	4,52E+04	5,58E+04
871	4,04E+04	3,75E+04	3,89E+04	5,07E+04	4,52E+04	5,58E+04
871,5	4,04E+04	3,75E+04	3,88E+04	5,08E+04	4,53E+04	5,58E+04
872	4,04E+04	3,76E+04	3,88E+04	5,08E+04	4,53E+04	5,59E+04
872,5	4,04E+04	3,76E+04	3,88E+04	5,09E+04	4,53E+04	5,59E+04
873	4,04E+04	3,76E+04	3,89E+04	5,08E+04	4,54E+04	5,60E+04
873,5	4,03E+04	3,75E+04	3,89E+04	5,08E+04	4,54E+04	5,60E+04
874	4,03E+04	3,75E+04	3,90E+04	5,07E+04	4,54E+04	5,59E+04
874,5	4,03E+04	3,74E+04	3,90E+04	5,06E+04	4,55E+04	5,59E+04
875	4,04E+04	3,74E+04	3,90E+04	5,05E+04	4,55E+04	5,59E+04
875,5	4,04E+04	3,74E+04	3,89E+04	5,05E+04	4,55E+04	5,59E+04
876	4,04E+04	3,73E+04	3,89E+04	5,05E+04	4,55E+04	5,59E+04
876,5	4,04E+04	3,73E+04	3,89E+04	5,05E+04	4,55E+04	5,58E+04
877	4,04E+04	3,73E+04	3,88E+04	5,05E+04	4,55E+04	5,57E+04
877,5	4,04E+04	3,72E+04	3,89E+04	5,05E+04	4,55E+04	5,57E+04
878	4,03E+04	3,72E+04	3,89E+04	5,06E+04	4,56E+04	5,56E+04
878,5	4,03E+04	3,71E+04	3,89E+04	5,06E+04	4,56E+04	5,56E+04
879	4,03E+04	3,72E+04	3,88E+04	5,06E+04	4,57E+04	5,55E+04
879,5	4,03E+04	3,72E+04	3,88E+04	5,06E+04	4,57E+04	5,55E+04
880	4,02E+04	3,72E+04	3,88E+04	5,06E+04	4,56E+04	5,54E+04
880,5	4,03E+04	3,73E+04	3,88E+04	5,06E+04	4,56E+04	5,54E+04
881	4,03E+04	3,74E+04	3,88E+04	5,05E+04	4,57E+04	5,55E+04
881,5	4,03E+04	3,75E+04	3,88E+04	5,05E+04	4,57E+04	5,55E+04
882	4,03E+04	3,76E+04	3,88E+04	5,04E+04	4,57E+04	5,55E+04
882,5	4,03E+04	3,76E+04	3,88E+04	5,03E+04	4,58E+04	5,55E+04
883	4,03E+04	3,76E+04	3,88E+04	5,02E+04	4,58E+04	5,55E+04
883,5	4,03E+04	3,77E+04	3,88E+04	5,02E+04	4,58E+04	5,56E+04
884	4,03E+04	3,77E+04	3,88E+04	5,02E+04	4,58E+04	5,56E+04

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
884,5	4,03E+04	3,78E+04	3,88E+04	5,02E+04	4,59E+04	5,56E+04
885	4,02E+04	3,78E+04	3,87E+04	5,02E+04	4,59E+04	5,55E+04
885,5	4,02E+04	3,78E+04	3,87E+04	5,02E+04	4,60E+04	5,54E+04
886	4,02E+04	3,78E+04	3,86E+04	5,03E+04	4,59E+04	5,54E+04
886,5	4,02E+04	3,77E+04	3,86E+04	5,04E+04	4,59E+04	5,54E+04
887	4,02E+04	3,76E+04	3,86E+04	5,04E+04	4,58E+04	5,53E+04
887,5	4,02E+04	3,76E+04	3,86E+04	5,03E+04	4,58E+04	5,52E+04
888	4,02E+04	3,76E+04	3,86E+04	5,03E+04	4,58E+04	5,51E+04
888,5	4,02E+04	3,77E+04	3,86E+04	5,02E+04	4,59E+04	5,51E+04
889	4,02E+04	3,78E+04	3,86E+04	5,02E+04	4,60E+04	5,50E+04
889,5	4,02E+04	3,77E+04	3,86E+04	5,02E+04	4,61E+04	5,50E+04
890	4,02E+04	3,78E+04	3,86E+04	5,01E+04	4,61E+04	5,50E+04
890,5	4,02E+04	3,78E+04	3,86E+04	5,01E+04	4,61E+04	5,50E+04
891	4,01E+04	3,78E+04	3,86E+04	5,01E+04	4,62E+04	5,50E+04
891,5	4,01E+04	3,78E+04	3,86E+04	5,01E+04	4,63E+04	5,50E+04
892	4,00E+04	3,78E+04	3,86E+04	5,01E+04	4,63E+04	5,50E+04
892,5	4,00E+04	3,77E+04	3,87E+04	5,02E+04	4,63E+04	5,48E+04
893	3,99E+04	3,76E+04	3,87E+04	5,03E+04	4,63E+04	5,47E+04
893,5	3,99E+04	3,75E+04	3,87E+04	5,03E+04	4,63E+04	5,46E+04
894	3,99E+04	3,75E+04	3,87E+04	5,02E+04	4,63E+04	5,45E+04
894,5	3,99E+04	3,75E+04	3,87E+04	5,01E+04	4,64E+04	5,45E+04
895	3,99E+04	3,75E+04	3,87E+04	5,00E+04	4,65E+04	5,45E+04
895,5	3,99E+04	3,76E+04	3,87E+04	5,00E+04	4,66E+04	5,45E+04
896	3,99E+04	3,75E+04	3,86E+04	4,99E+04	4,67E+04	5,45E+04
896,5	3,99E+04	3,75E+04	3,85E+04	4,98E+04	4,67E+04	5,44E+04
897	3,99E+04	3,75E+04	3,85E+04	4,97E+04	4,67E+04	5,43E+04
897,5	3,98E+04	3,75E+04	3,85E+04	4,96E+04	4,68E+04	5,42E+04
898	3,99E+04	3,75E+04	3,85E+04	4,96E+04	4,68E+04	5,42E+04
898,5	3,99E+04	3,76E+04	3,85E+04	4,97E+04	4,69E+04	5,42E+04
899	4,00E+04	3,77E+04	3,86E+04	4,98E+04	4,68E+04	5,43E+04
899,5	4,01E+04	3,77E+04	3,87E+04	4,98E+04	4,68E+04	5,44E+04
900	4,01E+04	3,79E+04	3,88E+04	4,99E+04	4,67E+04	5,45E+04

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
900,5	4,01E+04	3,81E+04	3,89E+04	4,99E+04	4,66E+04	5,47E+04
901	4,01E+04	3,81E+04	3,89E+04	4,99E+04	4,65E+04	5,48E+04
901,5	4,01E+04	3,81E+04	3,88E+04	5,00E+04	4,64E+04	5,49E+04
902	4,01E+04	3,80E+04	3,88E+04	4,99E+04	4,64E+04	5,49E+04
902,5	4,01E+04	3,78E+04	3,88E+04	4,99E+04	4,63E+04	5,48E+04
903	4,01E+04	3,77E+04	3,87E+04	4,98E+04	4,62E+04	5,47E+04
903,5	4,01E+04	3,77E+04	3,86E+04	4,97E+04	4,62E+04	5,46E+04
904	4,01E+04	3,77E+04	3,86E+04	4,97E+04	4,61E+04	5,46E+04
904,5	4,00E+04	3,76E+04	3,86E+04	4,96E+04	4,61E+04	5,47E+04
905	4,00E+04	3,76E+04	3,86E+04	4,96E+04	4,60E+04	5,47E+04
905,5	4,00E+04	3,75E+04	3,87E+04	4,97E+04	4,60E+04	5,47E+04
906	4,00E+04	3,75E+04	3,88E+04	4,98E+04	4,59E+04	5,46E+04
906,5	4,00E+04	3,74E+04	3,87E+04	4,99E+04	4,59E+04	5,46E+04
907	3,99E+04	3,74E+04	3,87E+04	4,99E+04	4,58E+04	5,45E+04
907,5	3,99E+04	3,75E+04	3,87E+04	4,99E+04	4,58E+04	5,45E+04
908	4,00E+04	3,75E+04	3,86E+04	4,99E+04	4,58E+04	5,46E+04
908,5	4,00E+04	3,75E+04	3,87E+04	4,99E+04	4,57E+04	5,47E+04
909	4,01E+04	3,75E+04	3,87E+04	5,00E+04	4,57E+04	5,48E+04
909,5	4,01E+04	3,75E+04	3,87E+04	5,00E+04	4,57E+04	5,48E+04
910	4,01E+04	3,75E+04	3,88E+04	5,00E+04	4,57E+04	5,48E+04
910,5	4,01E+04	3,75E+04	3,88E+04	5,00E+04	4,56E+04	5,48E+04
911	4,01E+04	3,75E+04	3,88E+04	5,00E+04	4,56E+04	5,48E+04
911,5	4,01E+04	3,75E+04	3,88E+04	5,00E+04	4,54E+04	5,47E+04
912	4,01E+04	3,75E+04	3,87E+04	5,00E+04	4,53E+04	5,47E+04
912,5	4,01E+04	3,74E+04	3,86E+04	5,01E+04	4,53E+04	5,48E+04
913	4,00E+04	3,74E+04	3,86E+04	5,01E+04	4,53E+04	5,47E+04
913,5	4,00E+04	3,74E+04	3,86E+04	5,01E+04	4,52E+04	5,47E+04
914	4,00E+04	3,74E+04	3,86E+04	5,02E+04	4,53E+04	5,46E+04
914,5	4,00E+04	3,74E+04	3,85E+04	5,02E+04	4,53E+04	5,46E+04
915	4,00E+04	3,76E+04	3,85E+04	5,03E+04	4,52E+04	5,46E+04
915,5	4,00E+04	3,77E+04	3,85E+04	5,04E+04	4,52E+04	5,46E+04
916	4,00E+04	3,77E+04	3,85E+04	5,04E+04	4,52E+04	5,47E+04

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
916,5	4,00E+04	3,78E+04	3,86E+04	5,03E+04	4,52E+04	5,47E+04
917	4,00E+04	3,78E+04	3,86E+04	5,02E+04	4,52E+04	5,46E+04
917,5	3,99E+04	3,77E+04	3,87E+04	5,01E+04	4,52E+04	5,44E+04
918	3,99E+04	3,76E+04	3,87E+04	5,00E+04	4,52E+04	5,43E+04
918,5	3,98E+04	3,75E+04	3,87E+04	4,99E+04	4,52E+04	5,43E+04
919	3,98E+04	3,74E+04	3,86E+04	4,98E+04	4,52E+04	5,42E+04
919,5	3,97E+04	3,73E+04	3,86E+04	4,98E+04	4,52E+04	5,42E+04
920	3,97E+04	3,73E+04	3,86E+04	4,98E+04	4,52E+04	5,41E+04
920,5	3,97E+04	3,73E+04	3,87E+04	4,98E+04	4,52E+04	5,41E+04
921	3,96E+04	3,74E+04	3,87E+04	4,98E+04	4,52E+04	5,40E+04
921,5	3,96E+04	3,75E+04	3,87E+04	4,99E+04	4,52E+04	5,39E+04
922	3,97E+04	3,75E+04	3,87E+04	4,99E+04	4,51E+04	5,38E+04
922,5	3,96E+04	3,76E+04	3,86E+04	4,99E+04	4,52E+04	5,38E+04
923	3,96E+04	3,76E+04	3,86E+04	4,99E+04	4,52E+04	5,37E+04
923,5	3,96E+04	3,77E+04	3,86E+04	4,99E+04	4,53E+04	5,38E+04
924	3,96E+04	3,77E+04	3,86E+04	4,98E+04	4,53E+04	5,37E+04
924,5	3,96E+04	3,77E+04	3,87E+04	4,97E+04	4,53E+04	5,37E+04
925	3,96E+04	3,77E+04	3,87E+04	4,97E+04	4,53E+04	5,37E+04
925,5	3,96E+04	3,76E+04	3,86E+04	4,96E+04	4,53E+04	5,36E+04
926	3,95E+04	3,75E+04	3,86E+04	4,96E+04	4,54E+04	5,35E+04
926,5	3,95E+04	3,75E+04	3,85E+04	4,96E+04	4,54E+04	5,35E+04
927	3,95E+04	3,75E+04	3,85E+04	4,96E+04	4,54E+04	5,35E+04
927,5	3,95E+04	3,76E+04	3,85E+04	4,96E+04	4,54E+04	5,35E+04
928	3,96E+04	3,76E+04	3,84E+04	4,96E+04	4,54E+04	5,35E+04
928,5	3,96E+04	3,76E+04	3,84E+04	4,96E+04	4,55E+04	5,34E+04
929	3,96E+04	3,77E+04	3,83E+04	4,96E+04	4,56E+04	5,33E+04
929,5	3,96E+04	3,76E+04	3,83E+04	4,96E+04	4,57E+04	5,32E+04
930	3,96E+04	3,76E+04	3,83E+04	4,96E+04	4,57E+04	5,31E+04
930,5	3,96E+04	3,75E+04	3,83E+04	4,95E+04	4,58E+04	5,32E+04
931	3,96E+04	3,74E+04	3,83E+04	4,95E+04	4,58E+04	5,32E+04
931,5	3,96E+04	3,74E+04	3,83E+04	4,94E+04	4,58E+04	5,32E+04
932	3,95E+04	3,73E+04	3,83E+04	4,94E+04	4,58E+04	5,31E+04

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
932,5	3,95E+04	3,74E+04	3,83E+04	4,94E+04	4,59E+04	5,31E+04
933	3,94E+04	3,75E+04	3,82E+04	4,94E+04	4,59E+04	5,31E+04
933,5	3,94E+04	3,75E+04	3,82E+04	4,93E+04	4,59E+04	5,31E+04
934	3,94E+04	3,76E+04	3,81E+04	4,93E+04	4,59E+04	5,32E+04
934,5	3,94E+04	3,75E+04	3,80E+04	4,93E+04	4,58E+04	5,32E+04
935	3,94E+04	3,75E+04	3,80E+04	4,92E+04	4,58E+04	5,32E+04
935,5	3,93E+04	3,74E+04	3,80E+04	4,92E+04	4,58E+04	5,31E+04
936	3,93E+04	3,73E+04	3,80E+04	4,92E+04	4,58E+04	5,30E+04
936,5	3,93E+04	3,73E+04	3,79E+04	4,91E+04	4,58E+04	5,30E+04
937	3,93E+04	3,73E+04	3,79E+04	4,91E+04	4,59E+04	5,29E+04
937,5	3,93E+04	3,73E+04	3,79E+04	4,90E+04	4,59E+04	5,29E+04
938	3,93E+04	3,73E+04	3,79E+04	4,90E+04	4,60E+04	5,28E+04
938,5	3,92E+04	3,73E+04	3,78E+04	4,90E+04	4,60E+04	5,28E+04
939	3,92E+04	3,73E+04	3,78E+04	4,89E+04	4,60E+04	5,27E+04
939,5	3,91E+04	3,72E+04	3,77E+04	4,89E+04	4,60E+04	5,27E+04
940	3,91E+04	3,72E+04	3,77E+04	4,88E+04	4,59E+04	5,26E+04
940,5	3,92E+04	3,71E+04	3,77E+04	4,88E+04	4,58E+04	5,26E+04
941	3,92E+04	3,71E+04	3,77E+04	4,87E+04	4,58E+04	5,26E+04
941,5	3,92E+04	3,72E+04	3,77E+04	4,87E+04	4,58E+04	5,26E+04
942	3,93E+04	3,73E+04	3,77E+04	4,86E+04	4,59E+04	5,26E+04
942,5	3,92E+04	3,74E+04	3,77E+04	4,85E+04	4,60E+04	5,27E+04
943	3,92E+04	3,74E+04	3,78E+04	4,86E+04	4,61E+04	5,26E+04
943,5	3,92E+04	3,74E+04	3,79E+04	4,87E+04	4,61E+04	5,26E+04
944	3,92E+04	3,73E+04	3,79E+04	4,87E+04	4,61E+04	5,25E+04
944,5	3,92E+04	3,72E+04	3,78E+04	4,87E+04	4,62E+04	5,24E+04
945	3,92E+04	3,72E+04	3,77E+04	4,86E+04	4,62E+04	5,22E+04
945,5	3,91E+04	3,72E+04	3,77E+04	4,85E+04	4,62E+04	5,21E+04
946	3,91E+04	3,72E+04	3,76E+04	4,84E+04	4,63E+04	5,21E+04
946,5	3,91E+04	3,73E+04	3,76E+04	4,83E+04	4,62E+04	5,21E+04
947	3,91E+04	3,72E+04	3,75E+04	4,83E+04	4,62E+04	5,21E+04
947,5	3,90E+04	3,72E+04	3,75E+04	4,83E+04	4,62E+04	5,20E+04
948	3,90E+04	3,72E+04	3,74E+04	4,82E+04	4,62E+04	5,19E+04

LONGITUD DE ONDA	VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ESTUDIADAS					
	CC06-791	CC84-75	CC03-154	CC97-7170	CC01-1228	CC09-874
948,5	3,89E+04	3,71E+04	3,74E+04	4,82E+04	4,62E+04	5,17E+04
949	3,88E+04	3,71E+04	3,75E+04	4,82E+04	4,62E+04	5,16E+04
949,5	3,87E+04	3,71E+04	3,76E+04	4,83E+04	4,62E+04	5,16E+04

ANEXO 3. NIVELES DE CLOROFILA MEDIDOS CON EL CLOROFILÓMETRO SPAD-052 MINOLTA

BANDEJA	TRATAMIENTO	VARIEDAD REAL	CLOROFILA EN UNIDADES SPAD
1	Sol. Media	CC 93-4181	49
1	Sol. Media	CC 84-75	37,7
1	Sol. Media	CC 03-154	38,1
1	Sol. Media	CC 85-92	30,6
1	Sol. Media	CC 09-874	43,9
1	Sol. Media	MEX 64-1487	44,9
1	Sol. Media	CC 01-1228	43,9
1	Sol. Media	CC 01-678	42,2
1	Sol. Media	CC 06-791	39,7
1	Sol. Media	CC 01-1940	44,2
2	Sol. Alta	CC 93-4181	43
2	Sol. Alta	CC 84-75	52,7
2	Sol. Alta	CC 93-3826	52,7
2	Sol. Alta	MZC 74-275	31,6
2	Sol. Alta	CC 85-92	46,7
2	Sol. Alta	CC 09-874	24,5
2	Sol. Alta	CC 05-945	46
2	Sol. Alta	MEX 64-1487	40,5

BANDEJA	TRATAMIENTO	VARIEDAD REAL	CLOROFILA EN UNIDADES SPAD
2	Sol. Alta	CC 06-783	46,7
2	Sol. Alta	CC 05-940	44,8
2	Sol. Alta	CC 01-1228	47,3
2	Sol. Alta	CC 01-678	43,6
2	Sol. Alta	CC 06-791	56,6
2	Sol. Alta	CC 92-2804	39
2	Sol. Alta	CC 93-3895	42,8
3	Sol. Baja	CC 93-4181	41,9
3	Sol. Baja	CC 93-3826	47,1
3	Sol. Baja	CC 85-92	45,3
3	Sol. Baja	MEX 64-1487	41,6
3	Sol. Baja	CC 01-678	43,3
3	Sol. Baja	CC 92-2198	25,2
3	Sol. Baja	CC 92-2804	32,3
3	Sol. Baja	CC 93-3895	14,7
3	Sol. Baja	CC 97-7170	35,5
4	Suelo	CC 93-4181	40,7
4	Suelo	CC 93-3826	45,7
4	Suelo	CC 09-874	21,7
4	Suelo	MEX 64-1487	42,6
4	Suelo	CC 06-783	40,6
4	Suelo	CC 05-940	41,2
4	Suelo	CC 06-791	47,5
4	Suelo	CC 92-2804	40,1
4	Suelo	CC 01-1940	42,1
5	Suelo	CC 84-75	29,3
5	Suelo	CC 93-3826	46,9

BANDEJA	TRATAMIENTO	VARIEDAD REAL	CLOROFILA EN UNIDADES SPAD
5	Suelo	CC 93-4418	50,1
5	Suelo	CC 85-92	46,5
5	Suelo	CC 09-874	46,1
5	Suelo	MEX 64-1487	42,8
5	Suelo	CC 05-940	39,4
5	Suelo	CC 01-1228	44,2
5	Suelo	CC 06-791	47,2
5	Suelo	CC 97-7170	34,7
6	Sol. Alta	CC 93-4181	48,6
6	Sol. Alta	CC 93-3826	46
6	Sol. Alta	CC 93-4418	31,3
6	Sol. Alta	CC 09-874	51,6
6	Sol. Alta	MEX 64-1487	48,6
6	Sol. Alta	CC 01-1228	25,8
6	Sol. Alta	CC 01-678	43,9
6	Sol. Alta	CC 92-2804	33,9
6	Sol. Alta	CC 01-1940	48,5
6	Sol. Alta	CC 93-3895	49,8
6	Sol. Alta	CC 97-7170	30,9
7	Sol. Baja	CC 93-4181	34,8
7	Sol. Baja	CC 93-3826	31,3
7	Sol. Baja	MZC 74-275	37,9
7	Sol. Baja	CC 85-92	47,9
7	Sol. Baja	CC 09-874	32,2
7	Sol. Baja	MEX 64-1487	35,7
7	Sol. Baja	CC 05-940	26
7	Sol. Baja	CC 01-1228	39,7

BANDEJA	TRATAMIENTO	VARIEDAD REAL	CLOROFILA EN UNIDADES SPAD
7	Sol. Baja	CC 92-2804	28,3
7	Sol. Baja	CC 93-3895	36,4
8	Sol. Media	CC 93-4181	41,7
8	Sol. Media	CC 84-75	46,5
8	Sol. Media	CC 93-3826	39,3
8	Sol. Media	CC 85-92	23,1
8	Sol. Media	CC 09-874	41,3
8	Sol. Media	CC 05-945	49,6
8	Sol. Media	MEX 64-1487	41,3
8	Sol. Media	CC 05-940	46,5
8	Sol. Media	CC 01-678	31,8
8	Sol. Media	CC 06-791	33,9
8	Sol. Media	CC 92-2804	39
8	Sol. Media	CC 01-1940	43,4
8	Sol. Media	CC 93-3895	48
9	Sol. Baja	CC 93-4181	31,4
9	Sol. Baja	CC 84-75	31,3
9	Sol. Baja	CC 93-3826	48
9	Sol. Baja	CC 03-154	31,2
9	Sol. Baja	CC 05-945	42,9
9	Sol. Baja	MEX 64-1487	35,8
9	Sol. Baja	CC 01-678	36,5
9	Sol. Baja	CC 01-1940	28,1
9	Sol. Baja	CC 93-3895	45
9	Sol. Baja	CC 97-7170	33,7
10	Sol. Media	CC 93-4181	16,5
10	Sol. Media	CC 84-75	48,4

BANDEJA	TRATAMIENTO	VARIEDAD REAL	CLOROFILA EN UNIDADES SPAD
10	Sol. Media	CC 93-3826	31,1
10	Sol. Media	CC 93-4418	26
10	Sol. Media	CC 85-92	46,9
10	Sol. Media	CC 09-874	41,7
10	Sol. Media	MEX 64-1487	43,6
10	Sol. Media	CC 06-783	44,8
10	Sol. Media	CC 01-1228	39,4
10	Sol. Media	CC 06-791	58,3
10	Sol. Media	CC 92-2804	36,4
10	Sol. Media	CC 01-1940	43,6
10	Sol. Media	CC 97-7170	43,3
11	Sol. Alta	CC 93-4181	46
11	Sol. Alta	CC 93-3826	25,3
11	Sol. Alta	CC 85-92	48
11	Sol. Alta	MEX 64-1487	47,3
11	Sol. Alta	CC 05-940	48,2
11	Sol. Alta	CC 01-1228	37,7
11	Sol. Alta	CC 06-791	44,4
11	Sol. Alta	CC 93-3895	43,3
12	Suelo	CC 93-4181	38,7
12	Suelo	CC 84-75	56,6
12	Suelo	CC 93-3826	47,6
12	Suelo	CC 93-4418	46,7
12	Suelo	CC 85-92	45,5
12	Suelo	CC 09-874	48,1
12	Suelo	CC 05-945	45,3
12	Suelo	MEX 64-1487	42,4

BANDEJA	TRATAMIENTO	VARIEDAD REAL	CLOROFILA EN UNIDADES SPAD
12	Suelo	CC 93-3895	47
12	Suelo	CC 97-7170	49,3
13	Suelo	CC 93-4181	43,8
13	Suelo	CC 93-3826	52,7
13	Suelo	CC 03-154	43,2
13	Suelo	MZC 74-275	46,1
13	Suelo	CC 85-92	46,1
13	Suelo	CC 09-874	36,7
13	Suelo	CC 05-945	48,3
13	Suelo	MEX 64-1487	41,9
13	Suelo	CC 01-1228	48,1
13	Suelo	CC 92-2804	54,4
13	Suelo	CC 93-3895	54,3
14	Sol. Alta	CC 93-4181	21,9
14	Sol. Alta	CC 84-75	42,3
14	Sol. Alta	CC 93-3826	52,9
14	Sol. Alta	CC 85-92	51,3
14	Sol. Alta	CC 09-874	25,4
14	Sol. Alta	CC 05-945	45,4
14	Sol. Alta	MEX 64-1487	44,2
14	Sol. Alta	CC 06-783	37,2
14	Sol. Alta	CC 01-1228	41,9
14	Sol. Alta	CC 01-678	45,9
14	Sol. Alta	CC 92-2198	55,5
14	Sol. Alta	CC 01-1940	49,2
14	Sol. Alta	CC 97-7170	36,4
15	Sol. Media	CC 93-4181	38,7

BANDEJA	TRATAMIENTO	VARIEDAD REAL	CLOROFILA EN UNIDADES SPAD
15	Sol. Media	CC 84-75	49,3
15	Sol. Media	CC 93-3826	48,6
15	Sol. Media	CC 85-92	38,1
15	Sol. Media	CC 09-874	43,7
15	Sol. Media	CC 05-945	40,5
15	Sol. Media	MEX 64-1487	37,8
15	Sol. Media	CC 06-791	54,3
15	Sol. Media	CC 93-3895	42,8
15	Sol. Media	CC 97-7170	26,4
16	Sol. Baja	CC 93-3826	24,7
16	Sol. Baja	CC 85-92	47,4
16	Sol. Baja	CC 05-945	37,6
16	Sol. Baja	MEX 64-1487	33,1
16	Sol. Baja	CC 05-940	37,5
16	Sol. Baja	CC 06-791	26,3
16	Sol. Baja	CC 93-3895	42,4
16	Sol. Baja	CC 97-7170	32