



<http://opn.to/a/IUOld>

## Resúmenes de Trabajos de Diploma en opción al título de Ingeniero Hidráulico

Universidad Tecnológica de La Habana-CUJAE, Centro de Ingeniería Hidráulica (CIH), Instituto de Inv. de Ingeniería Agrícola (IAgric)

### Propuesta de un sistema de captación de agua de lluvia en la finca Tierra Brava CCS Niceto Pérez

Autor: Abel Gómez Arias

Tutora: MSc. Martha Paula Ricardo Calzadilla

**RESUMEN.** El estudio se desarrolló en la finca “Tierra Brava” CCS Niceto Pérez, ubicada en la llanura Sur de Pinar del Río; con 22 ha de frutales y más de 130 animales domésticos, afectada por baja disponibilidad del recurso hídrico. Con el objetivo de definir parámetros y criterios, acorde a las condiciones hidrológicas, para el diseño hidráulico de un sistema de captación de agua de lluvia. El diagnóstico realizado permitió evaluar los factores limitantes y potencialidades hidrológicas de la zona; donde se comprobó una baja disponibilidad física del recurso hídrico; con dos fuentes alternativas; que su productividad depende de las precipitaciones. La estación meteorológica escogida indica acumulados anuales de las precipitaciones en un período de 58 años; superiores a 970 mm con un valor medio de 1367 mm y picos superiores a la media con un período de retorno o recurrencia de cinco años. En promedio en un año de cada cinco la lluvia anual será superior o igual a 1544 mm y en cuatro años de cada cinco a 1163 mm; lo que asegura agua disponible para ser captada. Se verificó un buen ajuste de los registros a la función de distribución de Gumbel con un 95% de confianza K-S y coeficiente de determinación de 0,97. Como resultado se diseñó una propuesta de un sistema de captación de agua de lluvia de techo con los elementos y parámetros hidráulicos necesarios considerando una precipitación neta de 910 mm y un área de 261 m<sup>2</sup>, lo que genera un volumen total de 237,40 m<sup>3</sup> y caudales de conducción entre 0,88 a 1,75 l/s y demanda un diámetro nominal de canaletas y bajantes de 100 mm y 50 mm respectivamente; y que garantiza agua para uso doméstico a una familia de 6 personas y abasto a 125 animales.

**Palabras clave:** agua de lluvia; caudales; conductora; captación; diseño; disponibilidad del recurso hídrico.

### Estimación de la eficiencia de conducción en los canales principales de riego del sistema arrocero de la UEB Agroindustrial “El Corojal”

Autora: Ailen Cabello Vega

Tutor: Dr.C. Julián Herrera Puebla

Cotutor: Ing. Luis Hirán Riverol Marrero

**RESUMEN.** Los canales principales para el riego del sistema arrocero de la Unidad Empresarial de Base (UEB) Agroindustrial “El Corojal” se han visto afectados por el paso de los años y la falta de mantenimiento sistemático contribuyendo esto a una pérdida notable de su eficiencia de conducción. Para dar solución a estos problemas, dentro del Programa de Desarrollo Integral de Arroz del Ministerio de la Agricultura (MINAG), se contempla la reparación y rehabilitación paulatina de este sistema de canales, lo cual incrementará la eficiencia de conducción del agua en ellos y contribuirá de manera notable al incremento de la eficiencia global del sistema. Este trabajo tiene como objetivo general estimar la eficiencia de conducción del agua en los canales primario y terciarios de riego, a partir de la realización de mediciones de campo con diferentes equipos, utilizados para determinar la cantidad de agua que se dispone para su entrega a los campos de arroz, con el propósito de

Resúmenes de tesis en opción al título de Ingeniero Hidráulico (2018-2019)

lograr el manejo adecuado del agua para dicho cultivo, elementos que contribuirán a la cuantificación más precisa de la eficiencia de conducción en los canales de riego de este sistema. Después de haber realizado las mediciones establecidas, los resultados muestran que el canal primario de riego del sistema arrocero, presenta una alta variación de su sección transversal a todo lo largo, que se asocia a la condición de deterioro y falta de mantenimiento que ha provocado que su estado actual fuera evaluado de regular a malo, condiciones que impidieron el cálculo de la eficiencia en el canal. Del estudio se estima una eficiencia de conducción del agua en los canales terciarios T1 de 85%, mientras que para el canal T2 se obtuvo un 79% de eficiencia.

**Palabras clave:** pérdidas de agua, eficiencia de conducción en canales, medición de caudal en canales de riego.

## Evaluación de la lluvia efectiva a partir del balance hídrico bajo diferentes condiciones de manejo del suelo

Autora: Camila Oña Ramos

Tutor: Dr.C. Julián Herrera Puebla

Cotutor: Ing. Guillermo Hervis Granda

**RESUMEN.** El agua es un elemento indispensable para la vida, el cual se ha convertido con el paso del tiempo en un recurso cada vez más escaso. La lluvia constituye la fuente natural de agua del suelo y las plantas; pero en la agricultura el riego pasa a ser el principal aporte hídrico, debido a la necesidad constante de agua por parte de los cultivos para su desarrollo. La precipitación efectiva es la parte de la lluvia que, tras infiltrarse en el suelo se queda retenida en la zona ocupada por las raíces activas de las plantas, siéndole útil para su desarrollo. Su influencia en los cultivos constituye un elemento de importancia, pues permite conocer los requerimientos de riego de los mismos y contribuye al uso racional del agua. Es por esto que resulta fundamental conocer la cantidad de lluvia aprovechada por los cultivos, así como la manera más eficiente de calcularla. En el presente trabajo se sometieron a prueba los métodos más recomendados para el cálculo de la lluvia aprovechable (FAO/AGLW, Fórmula empírica del Cropwat, USDA-SCS y Savo) comparándolos con los valores obtenidos mediante el método del balance hídrico al calcular la precipitación efectiva en los sistemas de agricultura tradicional y de conservación desarrollados en la Estación Experimental del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola. Los resultados alcanzados coincidieron en su mayoría con los criterios establecidos sobre el tema, de modo que el procedimiento planteado por Savo y la fórmula creada por el USDA-SCS resultaron las vías más apropiadas a utilizar.

**Palabras clave:** Precipitación efectiva, métodos, comparación, balance hídrico, Cropwat, USDA-SCS, Savo.

## Evaluación de la evapotranspiración de referencia regional a corto y mediano plazo, considerando escenarios de cambio climático. Caso de estudio: municipio Los Palacios

Autor: Darío Castillo Matos

Tutor: Ing. Guillermo Hervis Granda

Cotutor: Ing. Luis Hirán Riverol Marrero

**RESUMEN.** El cambio climático es cada vez más reconocido como un gran desafío y representa a mediano y largo plazo, una de las mayores amenazas para el desarrollo y bienestar humano. No es posible predecir exactamente lo que pasaría en las distintas localidades. Estimar el impacto del cambio climático en los sistemas agrícolas es una tarea difícil por las dificultades en la producción agrícola de los escenarios climáticos futuros y en las respuestas adaptativas, planificadas o autónomas que los agricultores e instituciones gubernamentales implanten en el futuro por lo que se hace necesario la simulación de distintos escenarios de cambio climático para futuras referencias. Los escenarios han ido evolucionando a la par del conocimiento sobre el cambio climático y sus evidencias. A consecuencia del cambio climático, es que el IPCC ha definido desde 1990 una serie de escenarios futuros en los que se presenta las condiciones y el panorama de cómo se comportaría el clima incidiendo en este caso de estudio en la evapotranspiración la cual se considera la única conexión que une el balance hídrico y el balance energético de la superficie terrestre, siendo así el indicador más significativo para el cambio climático y el ciclo del agua ya que aproximadamente el 65% del agua aportada por la precipitación se evapora y transpira.

**Palabras clave:** balance hídrico, precipitación.

## Determinación de parámetros de explotación que definen la calidad del riego para un uso eficiente del agua en la finca “La Rebeca”

Autor: Yobal Venero Delgado

Tutor: Dr.C. Enrique Cisneros Zayas

Cotutor: MSc. Zenén Placeres Miranda

**RESUMEN.** El objetivo del presente trabajo fue definir los parámetros de calidad y explotación en un sistema de riego por aspersión de baja intensidad en condiciones de producción en la finca “La Rebeca”, contribuyendo en una mejor gestión del agua para uso agrario. Para las evaluaciones de campo se siguió las metodologías propuestas en la ISO 15886-3 y la UNE 68-072-86, fueron determinadas la Uniformidad de Distribución, el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen y la Eficiencia de Descarga, también fueron calculados los porcentos de áreas regadas. Los resultados obtenidos muestran que en el marco de cobertura triangular se obtienen los mejores resultados de Coeficiente de Uniformidad de Christiansen con 90,46%, Uniformidad de Distribución de 84,20% y el mejor porcentaje de área regada adecuadamente con un 61,22%, confirmando lo efectivo de este marco de puesta para el área de estudio y otras con características similares. En la finca el viento tiene gran incidencia en el deterioro de los parámetros de calidad del riego, reduciendo el radio de alcance efectivo del aspersor en 0,90 m con respecto al del proyecto. Al comparar los parámetros obtenidos con los de diseño se tiene que es necesario reajustar el tiempo por posición y el número de posiciones del lateral por día, al variar la intensidad de aplicación a 7,5 mm h<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** *aspersión, Coeficiente de Uniformidad, Eficiencia de Descarga, viento.*

## Determinación de la evapotranspiración para varios cultivos, considerando escenarios de cambio climático. Caso de estudio: Empresa Agrícola de Güira de Melena

Autor: Ramón Rodríguez Rivero

Tutor: Ing. Luis Hiran Riverol Marrero

Cotutor: Ing. Guillermo Hervis Granda

**RESUMEN.** La evapotranspiración es una variable esencial en el manejo del agua y planificación del riego. De ahí la importancia de su cuantificación y del análisis de cuáles métodos la estiman de manera satisfactoria en el ámbito local. En tal contexto, el objetivo de este trabajo fue estimar la evapotranspiración del cultivo (ETc), para escenarios futuros, a partir de datos climáticos estándar, utilizando los modelos matemáticos de FAO Penman-Monteith y Hargreaves, basándose en las proyecciones emitidas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) para escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), RCP 4.5 W/m<sup>2</sup>. En la localidad de Güira de Melena la producción de cultivos varios es muy importante para la producción agrícola nacional, por lo que es necesario hacer un estudio del comportamiento de la variable ETc en presencia de escenarios de cambio climático.

**Palabras clave:** *evapotranspiración, cambio climático, cultivos varios.*

## Propuesta de estrategia para el mejoramiento de la explotación de los sistemas de riego en la finca Dos Hermanos Villarreal

Autor: Richard Jesús González Calzada.

Tutor: Dr.C. Julián Herrera Puebla.

Cotutor: Ing. Luis Hiran Riverol Marrero

**RESUMEN.** En la Finca “Dos Hermanos Villarreal” se llevan a cabo de forma diaria diferentes actividades relacionadas con el riego. En la actualidad no se dispone de un proyecto integral de explotación de los sistemas de riego que facilite la operación de los mismos provocando pérdidas de presión en la red hidráulica y por consiguiente evaluaciones imprecisas. El presente trabajo tiene como objetivo proponer una estrategia integral de explotación de los sistemas de riego en la Finca “Dos Hermanos Villarreal” que garanticen la calidad y fiabilidad de los resultados obtenidos en las evaluaciones e investigaciones de campo. Para la propuesta se ejecutaron evaluaciones de campo que permitió definir la eficiencia de aplicación de los sistemas existentes, se realizó además un levantamiento precisando el estado actual de la red hidráulica, toda la información obtenida fue procesada en el Microsoft Excel 2016 y en el Surfer Versión 10. Como resultado se tienen que la eficiencia actual de los sistemas es de 48,2% y 30,49% para el riego superficial y aspersión respectivamente. La red de campo se encuentra en estado

Resúmenes de tesis en opción al título de Ingeniero Hidráulico (2018-2019)

de deterioro progresivo por los años de explotación. La integración de los datos procesados permite tener disponible toda la información para la toma de decisión y la propuesta del proyecto de explotación facilita la mejor operación de los sistemas, garantizando la calidad del riego.

**Palabras clave:** eficiencia, toma de decisión, riego.

## Influencia de la programación del riego en el uso eficiente del agua y los rendimientos de la papa (*Solanum tuberosum*)

Autora: Yamiris Maza Díaz

Tutor: Dr.C. Enrique Cisneros Zayas

**RESUMEN.** El objetivo del presente trabajo fue estudiar la efectividad de la programación del riego en máquinas de pivote central eléctrico para el cultivo de la papa en diferentes entidades productivas del municipio Güira de Melena. Para el análisis fueron seleccionados tres pivote central en tres entidades productivas de la Empresa Agropecuaria Güira de Melena durante la campaña de papa 2017-18, a las cuales se efectuó una evaluación hidráulica para conocer el estado de funcionamiento según la NC ISO 11545 (2007), para la ejecución el riego se utilizó la “*Hoja de Pronóstico*” diseñada para esos fines por el Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric) y por último, conocer la influencia de la programación del riego en los consumos de agua y el rendimiento del cultivo. Los resultados indicaron que la programación del riego en las entidades productivas evaluadas fue efectiva al reducir los volúmenes de agua consumidos en un 20% e incrementar el rendimiento agrícola en 8,78% con respecto a los sistemas de riego donde se asume el criterio de intervalos y normas fijas, el viento tiene una influencia marcada en los valores de Coeficiente de Uniformidad Herman y Hein, deteriorando los parámetros de explotación y calidad del riego con una uniformidad de distribución promedio de 65,23%. La cuantificación de las necesidades hídricas de la papa en las diferentes formas productivas a través de la “*Hoja de pronóstico*” contribuyó a reducir los volúmenes de agua demandados en 3020 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** Necesidades hídricas, evaluación hidráulica, calidad del riego, rendimiento.

## Calibración y validación del modelo AquaCrop para frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en suelo Ferralítico Rojo compactado

Autor: Darío López Vargas

Tutora: Dra.C. Felicita González Robaina

**RESUMEN.** La predicción del rendimiento de cultivos ha sido un objetivo prioritario, tanto con el fin de aumentar el conocimiento de las relaciones clima-agua-suelo-cultivo, como para generar información que se pueda aprovechar en la planificación y manejo de la producción agropecuaria. *AquaCrop* es un modelo de simulación diseñado para el análisis de la productividad de diferentes cultivos en respuesta al agua disponible. El objetivo del trabajo fue calibrar y validar el modelo para el cultivo de frijol en suelo Ferralítico Rojo. Los datos se obtuvieron a partir de experimentos de campo realizados en la estación experimental del Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, Alquízar. Entre los principales resultados se obtuvo que las predicciones del rendimiento del frijol del modelo fueron buenas con un valor de 0,21 t ha<sup>-1</sup> para la raíz cuadrada del cuadrado medio del error (*RMSE*), eficiencias de modelación superiores a 0,88 e índice de Willmott (*d*) de 0,94. Se evidencia la posibilidad de alcanzar rendimientos de 2,63 t ha<sup>-1</sup> si el cultivo no se somete a ningún tipo de limitación. La simulación con estrés hídrico antes de la floración mostró que el rendimiento fue inferior en un 28% en comparación al potencial: se obtuvo 1,88 t ha<sup>-1</sup>, con valores de productividad para biomasa y rendimiento también inferiores. El frijol presentó, entre los días 30 y 50 después de plantada, el periodo más crítico, con 100% de inhibición de la expansión del crecimiento foliar, 73% del cierre de estomas y un 31% de aceleración de la senescencia temprana.

**Palabras clave:** rendimiento, biomasa, productividad, estrés hídrico, suelo Ferralítico Rojo

## Predicción del impacto del cambio climático en el rendimiento de la soya (*Glycine max* L.) en suelo Ferralítico Rojo compactado”

Autora: Thalía Isla Pulgarón

Tutora: Dra.C. Felicita González Robaina

Cotutor: Ing. Guillermo Hervis Granda

**RESUMEN.** El cambio climático es un hecho incuestionable, demostrado por evidencias observacionales contundentes como el ascenso de la temperatura del aire y las alteraciones en el régimen de precipitaciones. *AquaCrop* es un modelo de simulación diseñado para el análisis de la

productividad de diferentes cultivos en respuesta al agua disponible y evalúa, entre otros, el impacto del cambio climático en el rendimiento de los cultivos. El objetivo de este trabajo fue predecir los rendimientos de la soja en suelo Ferralítico Rojo ante escenarios de cambio climático con *AquaCrop*. Los calendarios de riego se generaron con Cropwat. En los tres periodos seleccionados del escenario B2 fue necesario aplicar entre 8 y 9 riegos, superando en más de 50 mm la norma total a aplicar para lograr rendimientos superiores a las 3 t ha<sup>-1</sup>. Si se aplica riego deficitario las reducciones con respecto al potencial serán como promedio del 10%, los rendimientos se estiman en 2,87 t ha<sup>-1</sup> y la productividad de 1,04 kg m<sup>-3</sup>. Si se eliminan los riegos en la floración los rendimientos pueden decrecer hasta las 2,4 t ha<sup>-1</sup>. Para el año medio se presenta un máximo de rendimiento de 2,9 t ha<sup>-1</sup> si se siembra entre el 5 y 8 de noviembre. Mientras que para el año húmedo se estiman rendimientos de hasta 2,65 t ha<sup>-1</sup> si se siembra entre el 15 y el 19 de noviembre. Los resultados muestran al modelo como una alternativa viable para reproducir la fenología y productividad del cultivo bajo diferentes escenarios de manejo y variabilidad climática.

**Palabras clave:** escenarios de cambio climático, Modelo *AquaCrop*, soja, rendimiento, productividad, suelo Ferralítico Rojo.

## Predicción del impacto del cambio climático en el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) en suelo Ferralítico Rojo compactado

Autora: Yanira Castillo Iglesias

Tutora: Dra.C. Felicita González Robaina

Cotutor: Ing. Guillermo Hervis Granda

**RESUMEN.** Se espera que el cambio climático altere los regímenes de temperatura y precipitación en todo el mundo. *AquaCrop* es un modelo de simulación diseñado para el análisis de la productividad de diferentes cultivos en respuesta al agua disponible. El modelo realiza un balance de agua en el suelo y evalúa, entre otros, el impacto del cambio climático en el rendimiento de los cultivos. El objetivo de este trabajo fue predecir los rendimientos de maíz en suelo Ferralítico Rojo ante escenarios de cambio climático con la utilización del modelo *AquaCrop*. En los tres años seleccionados del escenario A2 fue necesario aplicar 10 riegos, superando en más de 150 mm la norma total a aplicar para lograr rendimientos superiores a las 8 t ha<sup>-1</sup>. Si se aplica riego deficitario las reducciones con respecto al potencial serán como promedio del 26%, los rendimientos se estiman en 5,56 t ha<sup>-1</sup> y la productividad de 2,40 kg m<sup>-3</sup>. Si se eliminan los riegos en la floración los rendimientos pueden decrecer hasta las 2,2 t ha<sup>-1</sup>. Para el año medio se presenta un máximo de rendimiento a mediados del mes de diciembre, específicamente del 15 al 30. Otro período de importancia se observa entre el 4 y 16 de noviembre, donde se pueden alcanzar rendimientos por encima de 7 t ha<sup>-1</sup>. Mientras que para el año húmedo se estiman rendimientos de hasta 10 t ha<sup>-1</sup> si se siembra entre el 20 de noviembre y el 5 de diciembre. Los resultados muestran al modelo como una alternativa viable para reproducir la fenología y productividad del cultivo bajo diferentes escenarios de manejo y variabilidad climática.

**Palabras clave:** escenarios de cambio climático, Modelo *AquaCrop*, maíz, rendimiento, productividad, suelo Ferralítico Rojo.

## Efecto de los polímeros súper absorbentes en la mejora de la gestión del riego. Caso de Estudio Maíz (*Zea mays* L.).

Autor: Stefany Cun Rodríguez

Tutor: MSc. Reinaldo Cun Gonzales

Cotutor: Dr.C. Enrique Cisneros Zayas

**RESUMEN.** El trabajo se desarrolló en la Unidad Científico Técnica de Base (UCTB "Pulido"), en Alquízar, provincia Artemisa con el objetivo general de evaluar la influencia del polímero súper absorbente en el desarrollo fenológico y la eficiencia en el uso del agua para riego en el cultivo del maíz (*Zea Mays*). La variedad de maíz utilizada fue la Tuzón. La siembra se realizó en un suelo Ferralítico Rojo compactado al cual se le aplicó hidrogel "Silos de Agua razón de 10 g por metro lineal, equivalente a 30 kg para el área de prueba (0,23 ha). El diseño experimental aplicado fue el de la línea central de aspersores, los tratamientos consistieron en cultivar el maíz con presencia de hidrogel en el suelo y un testigo sin hidrogel. Los resultados revelaron que, en la zona sin hidrogel en el suelo existen diferencias entre la altura de la planta, número de hojas, ya que a medida que nos alejamos del lateral de riego existe un déficit hídrico que es uno de los factores más significativos que limita la producción del cultivo del maíz. En el caso del área con hidrogel no se mostró diferencias entre las zonas debido a la presencia del mismo. Sin polímeros se aplicaron cuatro riegos más que con polímeros, con una frecuencia de 2 días y el volumen de agua consumido fue superior en 984,0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Al comparar el rendimiento y sus componentes podemos observar que hay indicadores que no muestran diferencias, pero si hay una superioridad en cuanto el uso del hidrogel.

**Palabras clave:** línea central de aspersores, tensión de agua en el suelo, déficit hídrico, hidrogel.